

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU  
Elektroniikan koulutusohjelma / tietoliikennetekniikka

Mikael Porokara

IP-POHJAINEN TIEDOTUSJÄRJESTELMÄ

Opinnäytetyö 2009

# TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

### Elektroniikan koulutusohjelma

POROKARA, MIKAEL

Opinnäytetyö

Työn ohjaajat

Toimeksiantaja

Joulukuu 2009

Avainsanat

IP-pohjainen tiedotusjärjestelmä

40 sivua + 2 liitesivua

yliopettaja Martti Kettunen,  
turvallisuusvastaava Kari Ronkainen

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

IP-puhe, tiedotus, trixbox, SIP

Opinnäytetyössä tarkasteltiin tiedotusjärjestelmiä ja tutkittiin IP-verkossa toimivan tiedotusjärjestelmän toteuttamisen mahdollisuutta. Opinnäytetyön tavoitteena oli toteuttaa käytännössä pienimuotoinen IP-pohjainen tiedotusjärjestelmä, sekä testata ja tutkia sen toimintaa. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää soveltuisiko tiedotusjärjestelmä laajamittaisempana otettavaksi käyttöön Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Metsolan toimipisteessä.

Tutustuminen IP-pohjaiseen tiedotusjärjestelmään, sekä sen virtuaalinen toteutus ja testaus tehtiin kotiloissa. Tämän jälkeen järjestelmä siirrettiin Kymenlaakson ammattikorkeakoulun tietoliikennelaboratorioon, jossa suoritettiin järjestelmän käytännön toteutus ja sen testaaminen.

IP-pohjaisen tiedotusjärjestelmän toteutuksessa hyödynnettiin virtualisointia, VoIP-tekniikan SIP-protokollaa, PoE-virransyöttöä ja trixbox-ohjelmiston puhelunvälitysominaisuuksia. Työssä esitellään lisäksi laitteet ja ohjelmistot, joilla järjestelmä on toteutettu, sekä järjestelmälle suunniteltua varmistettua sähkönsyöttöä.

Opinnäytetyössä onnistuttiin toteuttamaan IP-pohjainen tiedotusjärjestelmä, joka toimi odotetusti ja soveltuisi Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Metsolan toimipisteen tiedotusjärjestelmäksi yleisten ja kriisitilannetiedotuksien välittämiseen. Työn lopussa esitellään järjestelmän jatkokehitysajatuksia, joilla järjestelmää voidaan monipuolistaa ja sen toimintaa parantaa edelleen.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Electronics

POROKARA, MIKAEL

Bachelor's Thesis

Supervisors

Commissioned by

December 2009

Keywords

IP-paging system

40 pages + 2 pages of appendices

Martti Kettunen, Principal Lecturer,

Kari Ronkainen, Safety Coordinator

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu

VoIP, IP paging, IP PBX, trixbox, SIP

This paper examines information systems and investigates the possibility of creating an IP-based information system.

The objective of the work was to create a small, practical IP-based information system for testing and investigating its functionality. The study aimed to determine whether Kymenlaakson ammattikorkeakoulu could utilize an IP-based information system for paging in the Metsola campus.

Initially system set up in virtual environment where its first tests and system exploring were made. After the tests the system was transferred to the data communications laboratory of Kymenlaakson ammattikorkeakoulu, where it was installed and its functionality was tested. The IP-based information system was implemented using the following technologies: virtualization, VoIP SIP protocol, Power over Ethernet and trixbox IP PBX. The paper also discusses the implementation equipment, software and the custom made UPS powering system.

The implementation of the IP-based information system was successful and the system worked as planned. The created system suits fine for paging purposes in general and emergency announcements at Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. System development ideas for functionality improvements are presented at the end of the paper.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## LYHENNELUETTELO

1	JOHDANTO	7
2	KUULUTUS- JA ÄÄNENTOISTOJÄRJESTELMÄT	7
3	TCP/IP-YHTEYSKÄYTÄNNÖT	8
3.1	IP:n kuljetusmekanismit	9
3.1.1	TCP-protokolla	9
3.1.2	UDP-protokolla	9
3.2	Reaaliaikainen tiedonsiirto	10
3.2.1	RTP	10
3.2.2	RTCP	10
4	IP-PUHE	11
4.1	Yleisen puhelinverkon toiminta verrattuna VoIP-tekniikkaan	11
4.2	VoIP:n merkinantoprotokollat	11
4.2.1	H.323-protokolla	12
4.2.2	SIP-protokolla	14
5	VIRRANSYÖTTÖ	17
5.1	PoE-virransyöttö	18
5.2	UPS-teholähde	20
6	VIRTUALISOINTI	20
7	TIEDOTUSJÄRJESTELMÄN OHJELMISTOT	21
7.1	VMware Workstation -virtualisointialusta	22
7.2	trixbox CE -puhelinohjelmistoalusta	22
7.3	Zoiper 2.0 Free -ohjelmistopuhelin	23
8	TIEDOTUSJÄRJESTELMÄN LAITTEET	23

8.1	Barix Annunicom 200 -verkkokuulutusyksikkö	23
8.2	Cisco Catalyst 3650 -kytkin	24
8.3	Netgenium IP -kaiuttimet	25
9	KÄYTÄNNÖN TYÖ	25
9.1	Käytännön työn tausta ja tavoite	25
9.2	Käytännön työn vaatimukset	26
9.3	Käytännön työn ratkaisut	26
9.4	Työn asennus, testaus ja toteutus	28
9.5	Työssä esiintyneet ongelmat	37
9.6	Järjestelmän kehittäminen	37
10	ARVIOINTIA	38
	LÄHTEET	39
	LIITTEET	
	Liite 1. Järjestelmän kytkentä	
	Liite 2. Tiedotusjärjestelmän laitteiden sijoittuminen	

## LYHENNELUETTELO

H.323	VoIP:n merkinantoprotokolla
IAX	Inter-Asterisk eXchange; Asterisk-puhelinohjelmiston puhelunvälitys protokolla
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers; kansainvälinen tekniikanalan järjestö
IP	Internet Protocol; Internet protokolla
IPv4	Internet Protocol versio 4; Internet protokollan versio 4
IPv6	Internet Protocol versio 6; Internet protokollan versio 6
ITU-T	International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector; kansainvälinen televiestintäliitto
MCU	Multipoint Controller Units; multimediaistuntojen yhdistysyksikkö
PBX	Private branch exchange; yksityinen puhelinvaihte
PD	Powered Device; PoE-tekniikan tehoa käyttävä laite
PoE	Power over Ethernet; tekniikka sähkönsyöttöön paikallisverkossa
PoE+	Power over Ethernet Plus; PoE-tekniikan laajennus
PSE	Power Sourcing Equipment; PoE-tekniikan tehoa syöttävä laite
RAS	Registration, Admission and Status; H.323-standardin puhelun esivaiheen ohjauksen rekisteröinti-, pääsy- ja tila-merkinanto
RTCP	Real Time Control Protocol; RTP:n ohjausprotokolla
RTP	Real Time Transport Protocol; tietoliikenneprotokolla tosiaikaisen datan siirtoon pakettiverkoissa
SIP	Session Initiation Protocol; VoIP:n merkinantoprotokolla
TCP	Transmission Control Protocol; kuljetuskerroksen yhteyskäytäntöprotokolla
UDP	User Datagram Protocol; kuljetuskerroksen yhteyskäytäntöprotokolla
VLAN	Virtual LAN; virtuaalilähiverkko
VM	Virtual Machine; virtuaalikone
VoIP	Voice over IP; IP-puhe

## 1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tutkittu tiedotusjärjestelmän toteuttamista IP-pohjaisissa verkoissa ja mahdollisuutta toteuttaa Kymenlaakson ammattikorkeakoululle tiedotusjärjestelmä, joka hyödyntäisi jo olemassa olevaa tietoliikenneverkkoa. Tarkoituksena on saada selville, onko tällainen järjestelmä mahdollista toteuttaa nykytekniikan keinoin. Työn mahdollisen onnistumisen perusteella ehdotus vastaavan tiedotusjärjestelmän rakentamisesta Kymenlaakson ammattikorkeakoulun Metsolan toimipisteeseen on tarkoitus viedä eteenpäin johdon hyväksyttäväksi.

Voice over IP -tekniikka on yleistynyt nopeasti maailmalla. Se tarjoaa merkittäviä etuja äänensiirrossa IP-pohjaisissa verkoissa. Voice over IP:tä käytetään perinteisesti puhelinjärjestelmissä, mutta se soveltuu muihinkin käyttötarkoituksiin. Tässä työssä tutustutaan tarkemmin Voice over IP -tekniikkaan ja tutkitaan sen soveltuvuutta IP-pohjaisen tiedotusjärjestelmän äänensiirtoon.

Aihe opinnäytetyöhön tuli Kymenlaakson ammattikorkeakoulun turvallisuusvastaa-valta Kari Ronkaiselta, joka kertoi tarpeesta toteuttaa Kymenlaakson ammattikorkeakoululle tiedotusjärjestelmä niin normaalien tiedotuksien kuin kriisitilannetiedotuksienkin välittämiseen.

Opinnäytetyön laajuus rajattiin IP-verkossa toimivien kuulusjärjestelmien tutkimiseen ja toteuttamiseen pienimuotoisen testikytkennän osalta. Tavoitteeksi opinnäytetyössä asetettiin toimivan testijärjestelmän rakentaminen ja järjestelmän ominaisuuksien tutkiminen mahdollista jatkojalostusta varten.

## 2 KUULUTUS- JA ÄÄNENTOISTOJÄRJESTELMÄT

Perinteiset kuulusjärjestelmät ovat yleisäänentoistojärjestelmiä, joilla välitetään ääniohjelmia ja kuulusia. Tavallisimmin niitä käytetään julkisissa tiloissa äänimainosten välitykseen sekä turvallisuuden parantamiseen hälytysviestien ja kuulusien avulla. Äänentoistojärjestelmä asettaa laitteistolle tiettyjä vaatimuksia, joista tärkein on puheen ymmärrettävyys ja kuuluvuus. Äänentoistojärjestelmän laatuun vaikuttaa laitteiston lisäksi inhimilliset tekijät, kuten järjestelmän käyttäjä ja hänen taitonsa, sekä järjestelmän akustinen ja laitetekninen suunnittelu. (1, 25-26)

Äänentoistojärjestelmät rakentuvat ohjelmälähteistä, esivahvistimista ja miksereistä, äänenmuokkauslaitteista, tehovahvistimista, kuulutusreleistyksistä, voimakkuussäätimistä ja ohjelmanvalitsimista sekä kaiutinverkosta. Lisäksi järjestelmään kuuluvat kohteen sähkötyöt ja akustinen suunnittelu. Ohjelma-, ohjaus- ja vahvistinlaitteisto kootaan usein yhdeksi kokonaisuudeksi, keskuslaitteistoksi. Uusimpien keskuslaitteistojen toiminta on digitalisoitu ja releet korvattu kytkimillä, mutta kaiutinverkossa käytetään edelleen 70 V:n linjajännitettä tehohäviöiden minimoimiseksi. (1, 27-30)

Uuden tekniikan myötä markkinoille on tulossa myös kokonaan uudentyyppisiä digitalisoituja kuulutusratkaisuja, jotka eivät vaadi erillistä kaapelointia tai kaiutinverkostoa.

### 3 TCP/IP-YHTEYSKÄYTÄNNÖT

IP-protokolla on eräs keskeisimmistä elementeistä internetin ja tietoliikenneverkkojen kannalta. IP sijaitsee verkkokerroksella yhdessä reititysprotokollien kanssa ja huolehtii verkkojen välisien yhteyksien loogisista osoitteistuksista.

IP-protokolla on yhteydetön tietosähkeitä eli paketteja välittävä protokolla, jonka tärkeimpiä tehtäviä ovat pakettien fragmentointi eli osioiminen, liikenteen reititys, osoitteistus sekä pakettien koon määrittäminen. Yhteydettömyyden johdosta jokainen paketti käsitellään itsenäisenä tietona, minkä ansiosta paketit voivat kulkea kohteeseen mitä reittiä tahansa ja satunnaisessa järjestyksessä. Myös mahdolliset paluupaketit voivat saapua eri reittiä kuin lähetetyt paketit. Tämän vuoksi IP:tä voidaan pitää epäluotettavana tiedonsiirron kannalta, koska IP ei sisällä mitään luotettavuusmekanismeja, vuonohjausta, järjestystä tai kuittausta, vaan siirtää tietoa ilman takeita sen perille pääsystä. IP ei myöskään tarjoa virheentarkistusta tai virheenkorjausta, vaan jättää edellä mainitut asiat muiden protokollien huolehdittaviksi. (2, 1-8)

IP-paketit varustetaan osoitteilla, joita on kolmea eri tyyppiä: yksi- (unicast), ryhmä- (multicast) tai yleis- (broadcast) lähetysmekanismilla. Yksilähettyksen paketeilla kaksi laitetta kommunikoi keskenään huolimatta fyysisistä sijainneista. Ryhmälähettyksen paketeilla voidaan muodostaa sovelluksia, kuten IP-kuulutuksia, joissa on yksi lähettäjä ja useita vastaanottajia. (3, 154-155) (5, 59-61)

Yleisesti käytössä oleva osoitteistus on IPv4:n mukaisesti 32-bittinen. Tämän osoiteavaruuden koko on kuitenkin käynyt riittämättömäksi internetin käyttäjämäärän ja



verkkolaitteiden lisääntymisen myötä. Ratkaisu osoitepulaan löytyy IP:n uuden version 6 myötä (IPv6), jota kutsutaan myös nimellä ”IP – The Next Generation” (IPng). IPv6:n merkittävin parannus on 128-bittinen osoitteistus, joka tuo lisää osoitteita tulevaisuuden tarpeisiin, sekä osoitteiden paranneltu käsittely ja pakettien uudenlainen ot-sikkoformaatti. (4, 1-3)

### 3.1 IP:n kuljetusmekanismit

IP luottaa tiedon kuljetuksessa ylemmän luokan protokoliin TCP ja UDP, jotka sijaitsevat kuljetuskerroksella. Näiden protokollien päätehtävänä on taata yhteydet sovel-lusten välillä IP:n välityspalvelua hyödyntäen.

#### 3.1.1 TCP-protokolla

TCP (Transmission Control Protocol)-protokolla tarjoaa sovelluksille luotettavan ja yhteydellisen tiedonsiirtotien. Yhteydet ovat aina kahden pisteen välisiä päästä päähän-yhteyksiä, jotka muodostetaan ja puretaan kolmivaiheisella kättelyllä. TCP-protokolla käsittelee dataa yhtenäisenä tavuvirtana, jossa tavut tunnistetaan järjestys-numeroiden perusteella. TCP voi sisältää useita rinnakkaisia yhteyksiä, joiden tunnis-tus suoritetaan porttinumeroiden avulla. (5, 166)

TCP-protokolla sisältää virhevalvonnan ja kuittaavan vuonohjauspalvelun, jolla se valvoo ja säätelee verkon kuormitusta. Virhevalvonta mahdollistaa lähetyksessä ka-donneiden pakettien tunnistamisen ja uudelleenlähetyksen. (5, 166-167)

TCP-protokollan toimintatavoista johtuen sitä ei ole järkevää käyttää äänen kuljetta-miseen VoIP-yhteyksissä, joissa pakettien katoamisella ei ole niin suurta merkitystä kuin viiveen esiintymisellä. Siksi TCP:tä käytetäänkin vain VoIP-yhteyksien mer-kinanto-osioissa puhelun muodostamisen luotettavuuden varmistamiseen. (3, 161-163)

#### 3.1.2 UDP-protokolla

UDP (User Datagram Protocol)-protokolla on toinen kuljetuskerroksella sijaitsevista tiedonsiirtoprotokollista. Sen ainoa yhteneväisyys perusdatavälityksen lisäksi TCP-protokollan kanssa on sen mahdollisuus multipleksaukseen, eli yhden fyysisen yhtey-den varassa on mahdollista ajaa useampia rinnakkaisia yhteyksiä, joiden tunnistami-

nen tapahtuu porttinumeroiden perusteella. Protokollana UDP on yhteydetön, yksinkertainen ja kevyt, mutta myös epäluotettava. Se ei sisällä virheenkorjausta eikä vuonvalvontaa, ja siksi se sopiikin paremmin syklisiin sovelluksiin, joille ei ole vakavaa, jos muutama sanoma häviää matkalla, mutta joissa yhteyden osapuolten on tärkeää pysyä synkronoituina. UDP:ta käytetäänkin verkoissa, joissa liikkuva tieto vanhen- tuu nopeasti eikä uudelleenlähetyksiin ole aikaa. UDP:lla toteutetaan myös ryhmä- ja yleislähetyksiä, joihin TCP ei kykene. (5, 155-157)

VoIP:ssä UDP-protokollaa käytetään ääniliikenteen kuljettamiseen, koska sen TCP:tä kevyempi datanvälitysprosessi kuormittaa verkkoa vähemmän ja sillä on parempi hyö- tysuhde. VoIP-liikenteessä myöskään luotettavuudella ei suuresti ole väliä, sillä milli- sekuntien katkoksia ei juuri ääniliikenteessä huomaa. (3, 164)

### 3.2 Reaaliaikainen tiedonsiirto

Reaaliaikaisten sovellusten tiedonsiirtoon UDP ja TCP soveltuvat huonosti, koska niistä molemmista puuttuu reaaliaikasovelluksille tärkeä aikainformaation jakelume- kanismi. Reaaliaikasovellusten hallintaa varten on siksi kehitetty omat sovelluskerrok- sen protokollat RTP ja RTCP. (5, 157-158)

#### 3.2.1 RTP

RTP (Real Time Transport Protocol)-protokollan tehtävänä on siirtää reaaliaikaista tietoa, kuten kuvaa ja ääntä pakettiverkoissa. Se on yksinkertainen protokolla, joka useimmiten toimii UDP:n päällä. RTP:n toiminta perustuu lyhyeen tunnisteeseen, joka lisätään reaaliaikaista tietoa sisältävään pakettiin. Tunnisteen tärkein tehtävä on siirtää aikaleimoja vastaanottopään synkronointia varten. Tunniste sisältää myös järjestys- numeron, jonka perusteella kadotetut paketit tunnistetaan ja pakettien järjestys säilyte- tään. RTP soveltuu äänen ja kuvan yhtäaikaisiin ryhmälähetyksiin, joita hallitaan RTCP:n avulla. (5, 158-159)

#### 3.2.2 RTCP

RTCP (Real Time Control Protocol) on RTP:n kontrolliprotokolla, jonka tehtävänä on valvoa RTP:n palvelun laatua ja verkon tilaa. RTCP lähettää yhteyksien osapuolille kontrollipaketteja, jotka sisältävät tiedon yhteyksien laadusta ja synkronoinnista.

RTCP:n kontrolliliikenteen osuus kokonaisliikenteestä on rajoitettu viiteen prosenttiin. RTCP mahdollistaa suuretkin tosiaikaiset internetin ylitse tapahtuvat ryhmäneuvottelut ja tarjoaa osapuolille erilaisia palveluita lähteiden tunnistamisesta ääni- ja videosiirtoihin. (5, 161-164)

## 4 IP-PUHE

IP-puhe eli VoIP (Voice over IP) tarkoittaa puheen tai äänen siirtoa, joka tapahtuu IP-pohjaisissa verkoissa. Äänen siirto voidaan toteuttaa VoIP-verkoissa IP-puhelinvaihteiden kautta tai suoraan kahden päätelaitteen välillä. Äänen käsittelyyn tarvitaan laite, joka voi olla VoIP-puhelin tai tietokoneeseen asennettava VoIP-puhelinohjelmisto. Tämä laite muuttaa äänen digitaaliseen muotoon, minkä jälkeen ääni siirretään paketteina verkon yli kohdepäähän, jossa ääni muutetaan taas analogiseen muotoon. IP-verkojen äänensiirto voidaan puhelinvaihteen avulla siirtää myös yleiseen puhelinverkkoon.

### 4.1 Yleisen puhelinverkon toiminta verrattuna VoIP-tekniikkaan

Yleisen puhelinverkon toimiessa piirikytkentä-periaatteella perustuu VoIP-verkkojen toiminta pakettikytkentäiseen verkkoon, jolla saavutetaan piirikytkentäiseen verkkoon verrattuna monia etuja. Pakettikytkentäisessä verkossa voidaan varata koko kaistan sijasta vain yhteyden vaatimien pakettien verran kaistaa ja yhdellä kaistalla voidaan kuljettaa useamman puhelun liikennettä, kun taas piirikytkentäisessä verkossa yhdelle puhelulle varataan koko kaista. (6, 4, 10)

### 4.2 VoIP:n merkinantoprotokollat

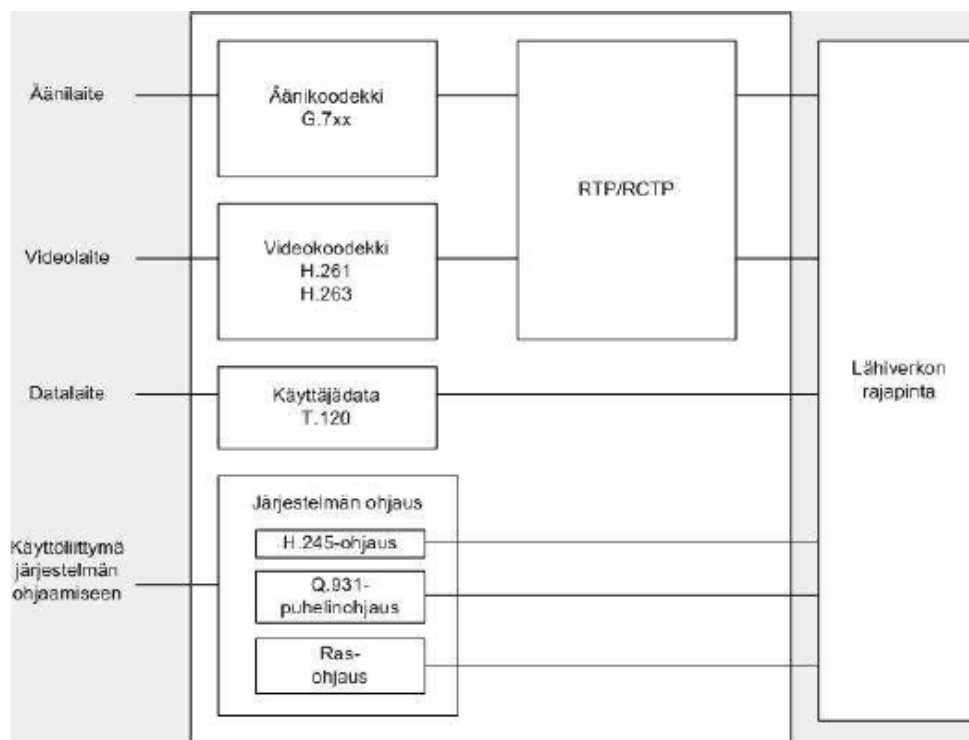
VoIP:ssa merkinantoprotokollia tarvitaan puhelun muodostukseen ja purkuun sekä mediavirran hallintaan IP-verkoissa. Kaksi yleisintä merkinantoprotokollaa ovat varhaisempi, piirikytkentäisten verkkojen pohjalta alun perin suunniteltu H.323 ja yksinkertaisempi tekstisanoma pohjainen SIP. Siinä missä H.323 on itsessään kokonainen palvelu, on SIP vain osa palvelua, mutta joustavuutensa ansiosta sillä on paljon laajennusominaisuuksia lisäpiirteille ja palveluille. Yhteistä niille on, että ne molemmat pohjautuvat sähköpostimaisiin osoitteisiin, joilla päätelaitteiden tunnistus tapahtuu. (3, 26-27, 30, 235, 253-255, 262)

#### 4.2.1 H.323-protokolla

H.323 on ITU-T:n (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector) määrittänyt äänen, videon ja datan lähettämistä IP-pohjaisessa verkossa. H.323-standardiin kuuluu puhelun merkinantoa ja ohjausta, multimedian kuljetusta ja ohjausta sekä kaistanleveyden kontrollointi. (3, 231)

H.323-järjestelmä on kokonainen palvelu, joka koostuu elementeistä ja protokollista. H.323-elementteihin kuuluvat päätteet, yhdyskäytävät, portinvartijat ja MCU-yksiköt (Multipoint Controller Units). (3, 232)

Päätteet eli liitäntäpisteet mahdollistavat reaaliaikaisen kommunikoinnin muiden päätteiden välillä. H.323-päätteet sisältävät järjestelmän ohjausyksikön, lähetysyksikön, äänikoodekin sekä rajapinnan pakettipohjaiseen verkkoon. Valinnaisiin vaatimuksiin kuuluvat videokodekki ja käyttäjän sovellukset. Kuvasta 1 näkyy H.323-päätteiden komponenttien keskinäiset suhteet. (3, 232)



Kuva 1. H.323-päätteen komponentit (3, 233)

Yhdyskäytävien tehtävä on yhdistää H.323-liitäntäpiste yleiseen puhelinverkkoon. Yhdyskäytävä muuntaa ääni-, video- ja dataformaatteja, kuten myös tietoliikennejärjestelmiä ja protokollia. Näihin kuuluvat puhelun aloitus ja lopetus sekä IP-verkossa

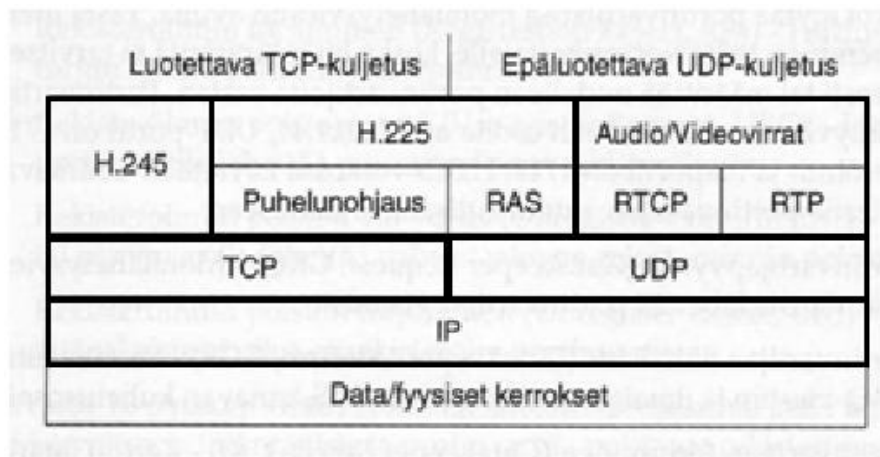
että piirikytkentäisessä verkossa. Pakettiverkossa H.323-liitäntäpisteet voivat kommunikoida suoraan keskenään ilman yhdyskäytävää. Yhdyskäytävää tarvitaan ainoastaan yhteyksille, jotka suuntautuvat yleiseen puhelinverkkoon. (3, 234)

Portinvartija on valinnainen toiminto, ja sen tehtävä on valvoa sisäänpääsyä, kontrolloida kaistanleveyttä sekä suorittaa päätteille ja yhdyskäytävälle osoitteen muunnoksia H.323-aliasnimistä (kuten mikael@kyamk.fi) tai yleisen televerkon puhelinnumeroista IP-osoitteiksi. MCU-yksiköt mahdollistavat kahden tai useamman päätelaitteen tai yhdyskäytävän ääni- tai videoneuvotteluistunnot. (3, 232, 234-235)

H.323-protokollaperhe koostuu useista eri protokollista:

Piirre	Protokolla
Puhelun merkinanto	H.225
Median ohjaus	H.245
Äänikoodekit	G.711, G.722, G.723, G.728, G.729
Videokoodekit	H.261, H.263
Datan jakaminen	T.120
Median kuljetus	RTP/RTCP

H.323-järjestelmä jaetaan protokollien mukaan kolmeen ohjauksen pääalueeseen. Protokollien kuljetus hoidetaan dataverkoissa sekä luotettavilla TCP- että epäluotettavilla UDP-yhteyksillä. Luotettavilla TCP-yhteyksillä toteutetaan puhelun merkinanto sekä median ohjaus. Epäluotettavilla, mutta nopeammilla UDP-yhteyksillä hoidetaan itse median kuljetus sekä portinvartijapohjaisten verkkojen puhelun esivaiheen RAS-ohjaus. Kuvassa 2 on H.323-protokollaperhe. (3, 236-237)



Kuva 2. H.323-protokollaperheen osat (3, 237)

H.255-protokollalla toteutetaan puhelunohjauksen merkinanto käyttäen hyväksi Q.931-puhelunohjausviestejä, joilla hoidetaan puhelun aloitus, ylläpito ja katkaisu (3, 241-242).

Median ohjauksesta huolehtii H.245-protokolla, joka muodostaa liitäntäpisteiden välistä luotettavia loogisia kanavia äänen, videon, datan sekä ohjauskanavatietojen siirtoa varten. Median kuljetus hoidetaan RTP-protokollalla, joka mahdollistaa reaaliaikaisen päästä-päähän tapahtuvan vuorovaikutteisen äänen, videon ja datan kuljetuksen. Datan kuljetusta sekä palvelujen ohjausta ja tunnistusta valvoo RTCP-protokolla. Sekä RTP-että RTCP-virrat kuljetetaan UDP-yhteyksillä siten, että RTP-yhteydet kulkevat parillisissa porttinumeroissa ja RTCP-yhteydet parittomissa yhden luvun suuremmissa porttinumeroissa. (3, 244-246)

#### 4.2.2 SIP-protokolla

SIP (Session Initiation Protocol) on sovelluskerroksen protokolla, jonka toiminta perustuu yksinkertaisiin tekstipohjaisiin sanomiin. Multimediaistuntojen muodostaminen, muokkaaminen ja sulkeminen sekä median (esim. ääni) ja osallistujien lisäys jo aloitettuihin istuntoihin tapahtuu tekstipohjaisia sanomia hyväksi käyttäen. SIP-protokolla tukee myös läpinäkyvästi nimenmuutoksia ja palvelujen uudelleenohjausta sekä mahdollistaa käyttäjien tunnistuksen yhden tunnisteiden perusteella riippumatta käyttäjän verkkosijainnista. (7, 1-18)

SIP-protokolla ei ole kokonainen palvelu, vaan eräänlainen palveluelementti, jota käytetään yhdessä muiden palveluelementtien kanssa tuottamaan erilaisia palveluja käyt-

täjille. Ominaisuuksiltaan SIP mahdollistaa myös toiminnan muiden merkinantoprotokollien, kuten H.323:n, kanssa. SIP-protokolla toimii yhdessä kuljetuskerroksen protokollien UDP:n ja TCP:n kanssa. Useimmiten käytössä on nopeuden takia UDP, jota käytetään yhteyksissä ensisijaisesti, jos protokollatyyppiä ei ole määritelty SIP-pyynnössä. Oletusporttina SIP-istunnoissa toimii portti 5060. SIP:n yhteydessä toimivia protokollia ovat myös RTP ja SDP (Session Description Protocol). RTP:n tehtävänä on huolehtia SIP:n äänivirran kuljetuksesta ja SDP kuvaa multimediaistuntoja päätelaitteiden välisissä yhteyksissä. (3, 253-255) (6, 26)

SIP-protokollan toiminta perustuu käyttäjäagentteihin (IP-puhelin) ja verkkopalvelimiin (SIP proxy). Käyttäjäagentit sisältävät sekä asiakaskäyttäjäagentin, joka aloittaa SIP-pyyntöjä ja toimii käyttäjän soittoagenttina, että palvelinkäyttäjäagentin, joka ottaa vastaan pyyntöjä ja palauttaa vastauksia käyttäjän puolesta eli toimii soitetun osapuolen agenttina. Verkkopalvelin on taas laite, johon käyttäjän laite rekisteröityy ja jonka kautta tämä on aina tavoitettavissa. Se sisältää tiedon palvelimelle kirjautuneista käyttäjistä ja toimii välityspalvelimena käyttäjäagenttien välillä tai ohjaa käyttäjäagentit oikealle palvelimelle uudelleenohjauspalvelulla. (3, 254-256) (6, 26)

SIP-protokollassa puhelinnumeroita vastaavat SIP URL (Universal Resource Locator) -osoitteet, jotka muistuttavat sähköpostiosoitteita. Osoitteet ovat muotoa ”käyttäjä@isäntä”, jossa käyttäjäosa voi olla käyttäjän nimi tai numero ja verkkoisäntä verkkoalueen nimi tai verkon osoite. (3, 254-255)

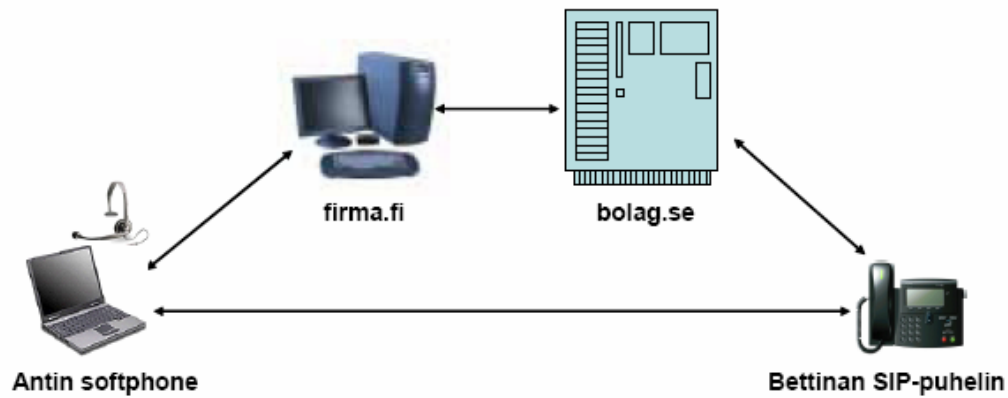
Esimerkki SIP-osoitteesta: sip:mikael@kyamk.fi tai 100@10.10.10.5

Puhelun muodostus voi tapahtua joko suoraan kahden päätelaitteen välillä tai välityspalvelimen avulla. Suorat kahden päätelaitteen väliset yhteydet kuitenkin vaativat käyttäjältä tiedon vastapään IP-osoitteesta. Välityspalvelimia käytettäessä riittää, että käyttäjä on rekisteröitynyt omalle verkkopalvelimelle ja tietää vastapään SIP-tunnisteen. Puhelun muodostus verkkopalvelimien avulla tapahtuu käyttäjäagentin lähettäessä omalle SIP-verkkopalvelimelleen SIP:n ”INVITE” -sanoman, jonka verkkopalvelin välittää vastaanottajan verkkopalvelimelle. Vastaanottajan verkkopalvelin etsii rekisteristään vastaanottajan IP-osoitteen ja UDP-portin, josta vastaanottaja on rekisteröitynyt ja välittää sanoman sinne. Vastaanottaja lähettää vastauksena ”OK” -sanoman, joka kulkee samaa reittiä verkkopalvelimien kautta puhelun aloittajalle. ”OK” -sanoma sisältää tiedon puhelun vastaanottajan IP-osoitteesta ja porttinumeros-

ta, josta kutsuttu liittymä on tavoitettavissa. Näiden tietojen perusteella soittajan käyttäjäagentin on mahdollista kommunikoida ilman verkkopalvelimia suoraan vastaanottajan kanssa, jolle se lähettää kuittauksena onnistuneesta puhelun muodostuksesta ”ACK” -sanoman. Tämän jälkeen varsinainen puhelu ja sen päättämiseen liittyvä signaalointi kulkee vain päätelaitteiden välillä. Puhelun lopetus tapahtuu lopettavan osapuolen lähettämällä ”BYE”-sanomalla, jonka toinen osapuoli kuittaa ”OK” – sanomalla. Kuvasta 3 näkyy esimerkki SIP-puhelun muodostuksesta välityspalvelimen kautta, käytöstä ja lopetuksesta SIP-puhelinohjelmiston ja SIP-puhelimen välillä.

(6, 26)





INVITE F1		
----->	INVITE F2	
100 Trying F3	----->	INVITE F4
<-----	100 Trying F5	----->
	<-----	180 Ringing F6
180 Ringing F8	<-----	
<-----	180 Ringing F7	<-----
	<-----	200 OK F9
200 OK F11	<-----	
<-----	200 OK F10	<-----
	<-----	
	ACK F12	
----->		
	media-sessio	
<=====		
	BYE F13	
<-----		
	200 OK F14	
----->		

```

INVITE sip:bettina@bolag.se SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP pc33.firma.fi;branch=z9hG4bK776asdhd
Max-Forwards: 70
To: Bettina <sip:bettina@bolag.se>
From: Antti <sip:antti@firma.fi>;tag=1928301774
Call-ID: a84b4c76e66710@pc33.firma.fi
CSeq: 314159 INVITE
Contact: <sip:bettina@bolag.se>
Content-Type: application/sdp
Content-Length: 142

```

Kuva 3. SIP-puhelun kulku (6, 27)

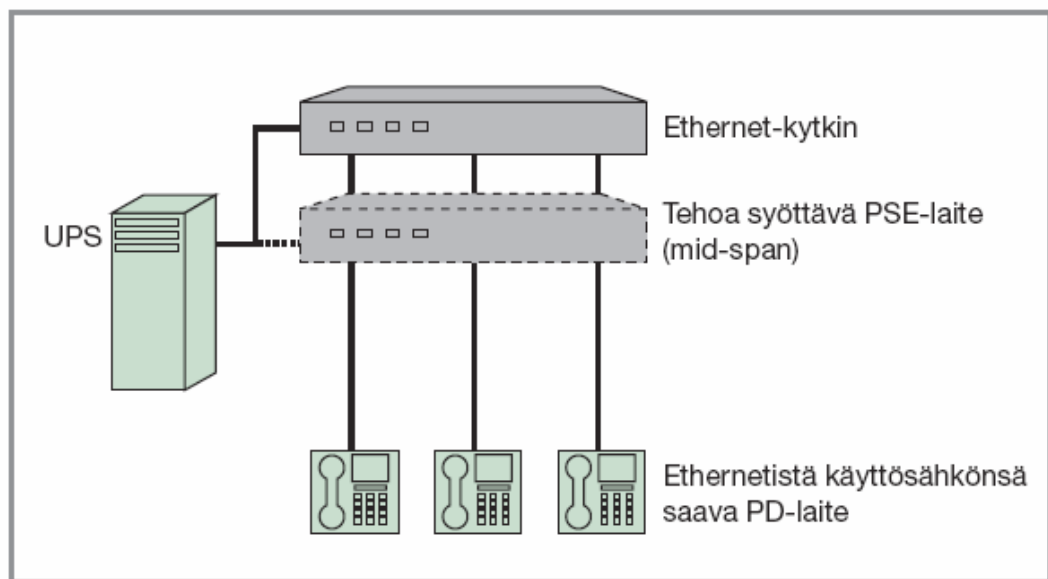
## 5 VIRRANSYÖTTÖ

Yleisen sähköverkon tueksi on tarjolla myös muita sähkönsyöttöön soveltuvia tapoja. Tässä osassa työtä tarkastellaan niistä kahta, joiden avulla saadaan turvallisempi, hallittu, keskitettympi ja eristetty ratkaisu suljetun ympäristön virransyöttöön.

## 5.1 PoE-virransyöttö

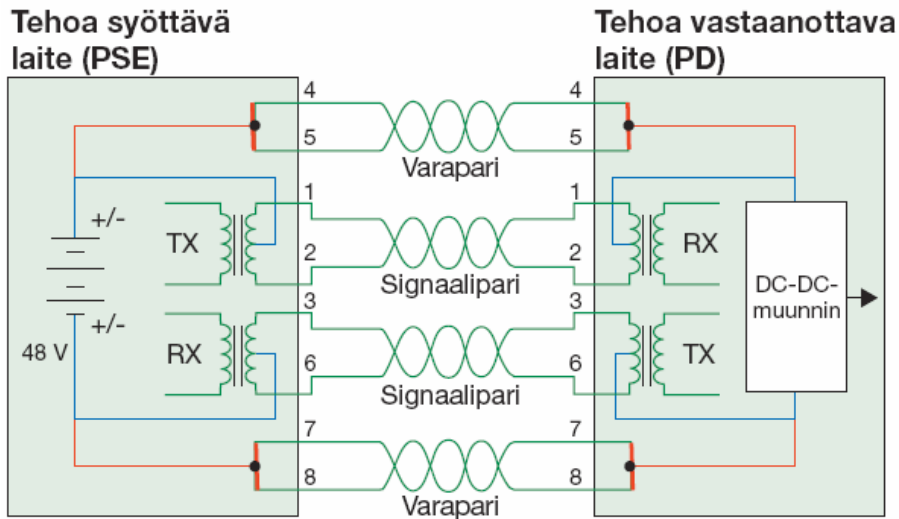
Power over Ethernet (PoE) tarkoittaa tekniikkaa, jossa elektroniikkalaitteiden käytösähkö syötetään paikallisverkoissa Ethernet-kaapelin kautta ilman erillisiä sähkökaapeleita. PoE:n avulla myös hankalissa paikoissa oleville kriittisille laitteille voidaan helposti toteuttaa varmistettu sähkönsaatavuus UPS-laitteiden avulla.(8)

PoE:n alku lähti liikkeelle IEEE802.3af standardista vuonna 2003. Standardin mukaan PoE-laitteet jaetaan kahteen luokkaan: tehoa syöttäviin PSE (Power Sourcing Equipment) ja tehoa käyttäviin PD (Powered Device). PSE sisältää kaiken älyn ja huolehtii järjestelmän toimivuudesta. PD taas on yksinkertainen laite, jonka toiminta voidaan toteuttaa edullisella laitteistotason ratkaisulla. PSE-laite voi olla integroitu kyttimeen (end-span-laite) tai se voi olla kokonaan erillinen laite (mid-span-laite). Kuvasta 4 näkyy PoE-sähköistetty kokoonpano. (8)



Kuva 4. Varmistettu sähkönsyöttö PoE-tekniikalla (8)

Tehonsyöttö tapahtuu Ethernet-kaapelin kahdella parilla joko datapareissa tai vapaissa pareissa. Tehoa syötetään 48 V:n nimellisellä tasajännitteellä, joka muunnetaan vastaanottopäässä tasavirtamuuntimella elektroniikalle sopivammaksi jännitteeksi, joko 5 V tai 12 V. Kuvassa 5 on havainnekuva sähkönsyötöstä Ethernet-kaapelissa. (8)



**Ethernet-sähkönjakelu voidaan syöttää Ethernet-kaapeloinnin käyttämättömissä pareissa tai signaalipareissa. Vapaiden parien menetelmää voidaan käyttää vain kymmenen ja sadan megabitin Ethernetissä.**

Kuva 5. Sähkönsiirtoperiaate Ethernet-kaapelissa (8)

Ethernetin kautta tapahtuva sähkönsyöttö koostuu neljä pääprosessia: havainnointi, luokittelu, normaalitila ja sähkönsyötön katkaisu. Havainnointiprosessi selvittää, pitääkö väylään kytketylle laitteelle syöttää sähköä ja varmistaa, ettei sähköä kytketä sellaiseen laitteeseen, joka ei PoE:ta tue. Luokitteluprosessissa määritetään PD:n tehovaatimukset. Luokitteluprosessi on valinnainen laitteille, mutta tarjoaa tärkeää tietoa järjestelmän tehonkulutuksesta ja mahdollistaa optimoidun tehonhallinnan. Luokittelun jälkeen siirrytään normaalitilaan, jossa sähkönsyöttö tapahtuu. (8)

IEEE802.3af standardin laajennukseksi kaavailtu IEEE802.3at-standardi on vielä keskenäinen, mutta jo luonnosasteella. Tulevasta standardista käytetään myös epävirallista nimitystä PoE+ (Power over Ethernet Plus). Luonnoksista käy kuitenkin jo ilmi PoE-ominaisuutta tukevien laitteiden voimakas kasvu, minkä takia PoE-tekniikan ominaisuuksia pyritään kehittämään edelleen. Viimeisimmästä julkaistusta luonnoksesta 2.0 selviää jo joitakin standardiin tulevia asioita: kaapelivaatimuksena kategoria 5:n ethernet-kaapeli, yhteensopivuus vanhemman standardin laitteiden kanssa ja IEEE802.3at PD-laitteiden on osattava ilmoittaa kytkettäessä IEEE802.3af PSE-laitteeseen käyttäjälle, että standardin IEEE802.3at PSE-laitetta tarvitaan. (9, 1-6)

Luonnokseen oli myös päivitetty luokitteluprosessiin uusi teholuokka tehorajoiineen. Tämä oli luokka 4, joka nosti aikaisemman maksimitehon 12,95 W:sta 25,5 W:iin. Luonnoksessa harkittiin myös minimijännitteen arvoa nostettavaksi 44 V:sta 50 V:iin

jotta se tukisi akkukäyttöisten laitteiden, kuten kannettavan tietokoneen virransyöttöä. Tuleva standardi tukee lisäksi kaikkien johdinparien (4) käyttöä virransyötössä ja työryhmä pohtiikin tehonkulutuksen ylärajan nostamista 60 W:iin, johon tällä tekniikalla kyettäisiin. Kuvassa 6 on luokittelun tehojakauma. (9, 1-6)

Class Signature	Powered Device Classification	Power Available for the Powered Device
0	Default, Type 1	0.44W to 12.95W
1	Type 1	0.44W to 3.84W
2	Type 1	3.84W to 6.49W
3	Type 1	6.49W to 12.95W
4	Type 2	12.95W to 25.5W

Kuva 6. Luokkien tehorajat (9, 5)

## 5.2 UPS-teholähde

UPS (Uninterruptible Power Supply) on teholähde, joka takaa siihen kytketyille laitteille keskeytymättömän ja häiriöttömän virransyötön sähkökatkoksienkin aikana. UPS-laitteista on monia eri versiota ja mallista riippuen laite sisältää akuston lisäksi mahdollisesti vaihtovirta- ja tasavirtasuodattimia, tasa- ja vaihtosuuntaajan sekä yli- ja alijännitesuojan. UPS-laitteilla syötetään sähkökatkoksien aikana sähköä laitteen omasta akustosta, tasataan sähköverkon jännitteen vaihteluita ja suodatetaan sähköverkon epäpuhtauksia, kuten taajuuksien vaihtelua ja suurtaajuisia häiriöitä. UPS-laitteet jaetaan kolmeen luokkaan niiden toimintatekniikan mukaan: passiivinen, linja-interaktiivinen ja tuplakonversio. UPS-laitteiden tärkeimmät ominaisuudet ovat tekniikka jolla laite toimii, nimellisteho, varakäyntiaika akustolla täyskuormituksella, akuston latausaika, jännitteen aaltomuoto sekä liitännät ja suojaukset. (10)

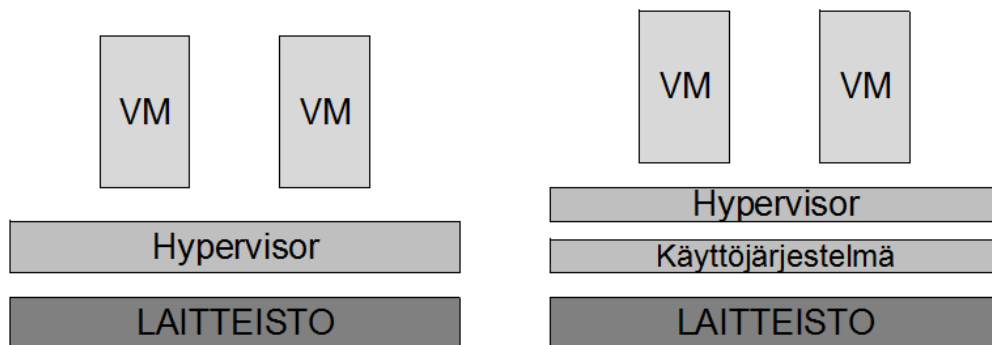
## 6 VIRTUALISOINTI

Virtualisointi on terminä hyvin laaja ja sillä on monia eri merkityksiä tietotekniikassa. Yleisesti sillä kuitenkin tarkoitetaan tietotekniikassa jonkin fyysisen resurssin simuloimista ohjelmallisesti. Näin saavutetaan tilanne, jossa voidaan esittää laitteistolle, ohjelmistolle tai käyttäjälle jokin resurssi, jota ei varsinaisesti ole olemassa. Virtualisoinnin avulla voi yhden fyysisen resurssin (palvelin, käyttöjärjestelmä tai sovellus) varassa toimia useita loogisia resursseja tai vaihtoehtoisesti usean fyysisen resurssin

(massamuistit, palvelimet tai verkkoliitännät) voi esittää yhtenä loogisena kokonaisresurssina. (11)

Virtualisoinnilla saavutetaan monia etuja: fyysisten laitteiden käyttöaste paranee ja käyttöönotto nopeutuu, laitteistosalien tilantarve vähenee, virrankulutus ja jäähdytystarve pienenevät, ongelmatilanteista toipuminen on nopeampaa ja järjestelmät ja niiden hallinta yksinkertaistuvat. Virtualisoiduilla järjestelmillä voidaan myös muodostaa helposti eristetty testaus- ja kehitysympäristö uusien tekniikoiden käyttöönottoon ja tutkimiseen. Virtualisointi voi käsittää työasemien, palvelinten, tallennustilan, käyttöjärjestelmien tai sovellusten virtualisointia. (11)

Laitteistojen virtualisointi voi olla alusta loppuun toteutettu laitteistotasolla, jolloin järjestelmät tarjoavat käyttöjärjestelmille ajoympäristöksi täydellisen virtualisoidun laitteiston, tai emuloivalla virtualisoinnilla, jossa käskykannan ongelmallisimmat käskyt toteutetaan virtualisointiohjelmissa emuloimalla. Ohjelmapohjaisessa virtualisoinnissa laitteiston ja ohjelmistojen välissä toimii virtualisointikerros, jota kutsutaan hypervisoriksi. Se voi toimia suoraan laitteiston päällä tai käyttöjärjestelmän alaisuudessa. Virtuaaliset laitteet, kuten virtuaalikone (VM), toimivat hypervisorin päällä. Kuvassa 7 on virtualisointimalleja. (12)



Kuva 7. Virtualisointikerroksen sijoittuminen

## 7 TIEDOTUSJÄRJESTELMÄN OHJELMISTOT

Tässä osassa työtä esitellään ohjelmistoja, joiden avulla IP-pohjainen tiedotusjärjestelmä on toteutettu. Tiedotusjärjestelmän virtualisointi toteutettiin VMware Workstation virtualisointiohjelmiston avulla, ääniliikenteen ohjaus toteutettiin trixbox CE -ohjelmistolla ja Zoiper 2.0 Free -ohjelmistopuhelimen avulla suoritettiin tiedotukset ja simuloitiin tiedotusjärjestelmän kaiuttimia.

## 7.1 VMware Workstation -virtualisointialusta

VMware Workstation on virtualisointiohjelmisto, jolla fyysiselle koneelle voidaan luoda yksi tai useita virtuaalikoneita. Jokainen luotu virtuaalikone toimii omassa ikkunassaan ja jakaa isäntäkoneen fyysiset resurssit, kuten prosessorin, muistin, verkkoyhteydet ja muut resurssit. Fyysisten resurssien virtualisoinnin lisäksi voidaan simuloinnin avulla myös luoda ylimääräisiä virtuaalisia laitteita tai resursseja, kuten DVD-aseimia, verkkokortteja tai virtuaaliverkkoja. Tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluvat Windows, Linux ja Unix pohjaisten käyttöjärjestelmien tuki virtuaalikoneille sekä mahdollisuus luoda virtuaalikoneille palautuspisteitä snapshot-toiminnon avulla, jolloin virtuaalikoneen tila tallennetaan tiedostoksi, johon voidaan haluttaessa palata.

Ohjelmiston virtualisointi on toteutettu emuloinnin avulla, jolloin luotuja virtuaalikoneita on mahdollista kopioida isäntäkoneiden välillä ilman laitteisto-ongelmia, koska laitteistoajurit eivät ole riippuvaisia isäntäkoneen laitteistosta (13).

## 7.2 trixbox CE -puhelinohjelmistoalusta

trixbox CE (Community Edition) on ilmainen avoimen lähdekoodin puhelinohjelmistoalusta, joka sisältää monia avoimeen lähdekoodiin perustuvia puhelintyökaluja. Ohjelmisto koostuu erilaisista paketeista, jotka on kasattu yhdeksi kevyeksi ja helppohallintaiseksi kokonaisuudeksi, jolla on mahdollista toteuttaa yksityinen puhelinkeskus. Ohjelmiston toiminta perustuu LAAMP (Linux, Apache, Asterisk, MySQL, PHP) -rakenteeseen, jossa käyttöjärjestelmänä on Linux CentOS, graafinen käyttöliittymä ja web-palvelin on toteutettu Apachen ja PHP:n avulla, puhelintoiminnot ja tietokannat on toteutettu Asterisk-puhelinohjelmiston ja MySQL:n avulla. (14)

Ohjelmisto kykenee käsittelemään ja hallinnoimaan sekä yleisen televerkon puhelinyhteyksiä että IP-verkon VoIP-yhteyksiä ja niihin liittyviä palveluita, kuten faksia, ryhmä- ja videopuheluita, puhelinvastaajaa, jonotusta, kuulutusta ja muita oleellisia puhelinpalveluita (15).

### 7.3 Zoiper 2.0 Free -ohjelmistopuhelin

Zoiper 2.0 Free on kevytrakenteinen ilmainen VoIP-ohjelmistopuhelin IAX- ja SIP-tuella. Zoiper tukee useita käyttäjätilejä ja on suunniteltu toimimaan yhdessä Asteriskin kanssa. (16)

## 8 TIEDOTUSJÄRJESTELMÄN LAITTEET

Tässä osassa esitellään työssä käytettyjä IP-tiedotusjärjestelmän laitteita, joita ovat Barixin verkkokuulutusyksikkö ja Ciscon Catalyst 3650 -sarjan kytkin. Lisäksi esitellään järjestelmään kaavaillut Netgeniumin IP-kaiuttimet, joita ei testeihin kuitenkaan saatu.

### 8.1 Barix Annuncicom 200 -verkkokuulutusyksikkö



Kuva 8. Barix Annuncicom 200 (17)

Barix Annuncicom 200 on IP-verkoissa toimiva verkkokuulutusyksikkö julkisten tilojen, sisäänkäyntien ja huoneistojen valvontaan etänä tai paikallisesti. Annuncicom 200 yksikkö voi toimia erillisenä laitteistona, osana Barix tuoteperheen kokoonpanoa sekä yhdessä muiden järjestelmien kanssa, kuten ohjelmistojen, tietokoneiden ja SIP-puhelinjärjestelmien kanssa. (17)

Laitteessa on ohjelmallisesti säädettävät ääniliitännät mikrofonille, ulkoiselle kaiuttimelle, äänen ulostulolle ja sisäänmenolle, RS-232-liitäntä tietokoneelle, usb-liitäntä sekä 100 megabitin RJ45-verkkoliitäntä. Lisäksi siinä on kaksi erillistä lisälaiteliitainta näppäimistölle ja soittopainikkeelle sekä relelähtö ovisummerille tai sähköiselle

ovilukolle. Laite tukee MP3-, G.711- ja PCM-tasoisia ääniä, IEEE802.3af-standardin mukaista PoE-virransyöttöä, TCP/IP-, UDP-, RTP-, SIP-, DHCP- ja SNMP-protokollia sekä sisältää verkkopalvelimen laitteen hallintaa ja konfigurointia varten. Laitteessa on myös AutoIP-toiminto, jonka avulla se osaa etsiä verkosta vapaan IP-osoitteen ja ottaa sen käyttöön, sekä SonicIP-toiminto, joka ilmoittaa laitteen käynnistyessä sen IP-osoitteen verbaalisesti englannin kielellä. Osoite kuuluu laitteeseen kytketystä kaiuttimesta muodossa: one, zero, dot, zero, dot, zero, dot, one, nine (10.0.0.19). (17)

Laitetta voidaan käyttää ovipuhelimenä, johon on yhdistetty oven lukituksen hallinta, kuulutus- ja äänentoistojärjestelmänä, hätäpuhelu- ja hälytysjärjestelmänä, äänennauhoituksessa sekä tilojen valvonnassa. Laitteen monipuoliset käyttötavat saavutetaan vapaasti muokattavissa olevilla ohjelmistoilla. SIP-yhteensopivalla ohjelmistolla laite voidaan muuttaa myös VoIP-järjestelmien kanssa yhteensopivaksi. Laitteen SIP-ohjelmisto pitää sisällään tuen puhelun automaattiselle vastaukselle. (17)

## 8.2 Cisco Catalyst 3650 -kytkin



Kuva 9. Cisco Catalyst 3560 -kytkin (18)

Ciscon Catalyst 3560-sarjan kytkimet ovat perustyöryhmä- ja kerroskytkimiksi tarkoitettuja laitteita, jotka soveltuvat niin pieniin toimistoihin kuin isoihin yritysverkkoihin. Laitteet takaavat korkean käytettävyyden, edistykselliset palveluluokat, hyvät tietoturvaominaisuudet ja soveltuvat datan, äänen ja videokuvan siirtämiseen. Perinteisen L2-kytkentäisyyden lisäksi laitteet tukevat L3-tason reititystä. Sarjan virtaa syöttävät kytkimet tukevat IEEE 802.3af Power over Ethernet -virransyöttöä pystyen siirtämään yhtä aikaa dataa ja virtaa ethernet-kaapelia pitkin päätelaitteille, kuten IP-puhelimille, WLAN-tukiasemille, valvontajärjestelmille ja kulunvalvontajärjestelmille. (18)



### 8.3 Netgenium IP -kaiuttimet



Kuva 10. Netgeniumin upotettavat ja pinta-asennettavat IP-kaiuttimet (19)

Netgeniumin IP-kaiuttimet ovat ohjelmallisesti hallinnoitavia kuulutusjärjestelmään tarkoitettuja itsenäisiä kaiuttimia. Ne on suunniteltu toimimaan IP-verkoissa oman ohjelmiston kanssa tai osana IP-puhelinjärjestelmää. Kaiuttimet toimivat SIP-protokollalla ja kykenevät toimimaan täydellisesti osana Ciscon CallManager-järjestelmää. Kaiuttimia on kahta eri tyyppiä, upotettavia kaiuttimia ja pinta-asennettavia torvikaiuttimia. Upotettavien kaiuttimien virransyöttö tapahtuu IEEE 802.3af -standardin mukaisella PoE-tekniikalla. Pinta-asennettavat kaiuttimet toimivat IEEE 802.3af -standardin lisäksi uudemmalla IEEE 802.3at -standardin PoE-tekniikalla. Kaiuttimien äänentoisto on toteutettu G.711-koodekillä ja ne tukevat MP3-tasoisia ääniä. (19)

## 9 KÄYTÄNNÖN TYÖ

Tässä luvussa perehdytään ideaan, josta työ sai alkunsa, sekä vaatimuksiin, joita sille asetettiin ja jotka työn edetessä kehittyivät. Luvussa käsitellään lisäksi työn kulku sekä työssä esiintyneet ongelmat ja pohditaan mahdollisia parannuksia, joilla järjestelmää voitaisiin kehittää.

### 9.1 Käytännön työn tausta ja tavoite

Työ sai alkunsa Kymenlaakson ammattikorkeakoulun turvallisuusvastaavalta Kari Ronkaiselta, joka esitti aloitteen mahdollisen tiedotusjärjestelmän rakentamisesta Metsolan toimipisteen tiloihin. Idea tiedotusjärjestelmästä syntyi, kun huomattiin, ettei koululla ole soveltuvaa tiedotusjärjestelmää kriisitilanteiden varalle. Taustalla olivat

myös uutiset maailmaa kohauttaneista kouluammuskeluista ja pommiuhkauksista sekä mahdolliset muut vaaratilanteet, kuten tulipalot tai hirmumyrskyt. Yhteistä näille vaaratekijöille on, että niissä kaikissa on ensisijaisen tärkeätä saada tietoa tilanteesta ja ohjausta sisällä oleville ihmisille, jotta henkilövahingoilta välttyttäisiin. Tämä tärkeä mahdollisuus kuitenkin monista tiloista useimmiten puuttuu, jolloin vaaratilanteet muodostuvat entistä vaarallisemmiksi.

Tavoitteena oli tutkia ja testata kriisitilanteisiin soveltuvaa tiedotusjärjestelmää, joka ulottuisi jokaiseen huoneistoon ja olisi aina toiminnassa. Tavoitteeksi asetettiin yksisuuntainen puheyhteys, mutta pohdittiin myös kaksisuuntaisen puheyhteyden mahdollisuutta, mikä mahdollistaisi kommunikoinnin esimerkiksi loukkuun jääneiden ihmisten kanssa. Ajatuksena oli myös hyödyntää jo valmiiksi olemassa olevia kaapelointeja ja nykyistä tietoliikenneinfrastruktuuria.

## 9.2 Käytännön työn vaatimukset

Vaatimukset asetettiin jo alussa hyvin vaativiksi, mikä rajasi järjestelmän toteutusta radikaalisti. Tärkeimpiä vaatimuksia olivat sanomien välittäminen kaikkialle sekä järjestelmän toimintavarmuus kriisitilanteissa. Järjestelmä ei saanut olla riippuvainen yleisestä sähköverkosta, vaan sen piti toimia sähkökatkojenkin aikana. Järjestelmän piti olla myös eristetty yleisestä tietoliikenneverkosta, jotta mahdollisilta häiriötilanteilta välttyttäisiin. Mahdollinen häiriötilanne voi olla esimerkiksi laitteiden tahaton irtottaminen verkosta tietoliikenneyhteyden käyttöön saamiseksi. Vaatimuksissa mietittiin myös järjestelmästä aiheutuvia kustannuksia.

## 9.3 Käytännön työn ratkaisut

Mahdollisia ratkaisuja olivat perinteinen analoginen kuulutusjärjestelmä, täysin digitalisoitu tiedotusjärjestelmä tai näiden yhdistelmä, jossa tiedotusjärjestelmän runko olisi toteutettu digitaalisena ja loppupään yhteydet analogisena. Yhdistelmäratkaisussa järkevin vaihtoehto olisi ollut toteuttaa yhteydet digitaalisena eri kerroksien käytäväkiskittimille, joista jatko huoneistoihin olisi toteutettu analogisena. Täysin analoginen järjestelmä karsiutui heti alussa sen toteutuksen takia, joka olisi vaatinut täydellisen uuden kaapeloinnin rakentamisen, eikä se olisi ollut kustannustehokas tai toimintavarma ratkaisu. Myös yhdistelmäratkaisu karsiutui pois sen monimutkaisuuden ja kustannuksien takia. Järjestelmä päätettiinkin toteuttaa täysin digitalisoituna, jolloin jo

olemassa olevia ammattikorkeakoulun palvelimia, kaikkialle ulottuvia tietoliikennekaapelointeja ja UPS-varmistettua sähkönsyöttöä voitiin hyödyntää. Näin kustannuksia voitiin pienentää, kun hankittava laitteisto karsiutui kaiutinyksikköihin ja tarpeen mukaan hankittaviin lisälaitteisiin, kuten kytkimiin.

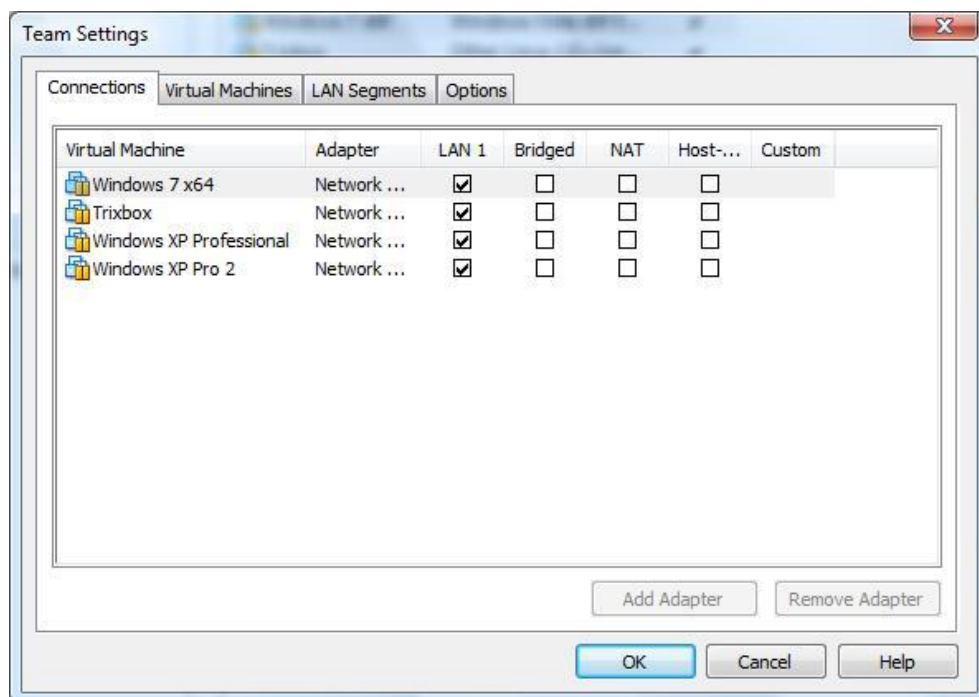
Erilaisten toteutustapojen tarkastelun ja tutkinnan jälkeen päädyttiin ratkaisuun, joka hyödyntää tietoliikenneverkkoa ja VoIP-teknologiaa. Ratkaisu perustuu VoIP:n SIP-teknologiaan, jossa voidaan muodostaa tiedotuspisteen ja kaiuttimien välille IP-puhekanava, jonka kautta tiedotukset hoidetaan. Ratkaisun etuna on mahdollisuus kohdistaa tiedotukset joko yksittäisiin kaiuttimiin, kaiutinryhmiin tai suoratiedotuksena kaikkiin kaiuttimiin.

Järjestelmä rakentuu tiedotuspisteestä, SIP-teknologiaa tukevista IP-kaiuttimista sekä digitaalisesta puhelinkeskuksesta, joka hoitaa yhteyksien välityksen tiedotuspisteen ja kaiuttimien välillä. Kriittisten tilanteiden toimintavarmuuden maksimoimiseksi järjestelmän sähkönsyötössä hyödynnetään UPS-varmistettua sähkönsyöttöä palvelimelle asennettavalle digitaaliselle puhelinkeskuksesta sekä kytkimille, jotka syöttävät PoE-teknikkaa hyväksi käyttäen käyttö sähköä IP-kaiuttimille. Näin saavutetaan varmistetulla sähkönsyötöllä toimintavarma järjestelmä, joka toimii myös sähkökatkojen aikana. Mahdollisia väärinkäytöksiä vähennettäisiin eristämällä järjestelmä yleisestä tietoliikenneverkosta siirtämällä se omaan virtuaalilähiverkkoon eli VLAN:iin.

Järjestelmän digitaalisesti puhelinkeskukseksi valikoitui kevyt ja ilmainen avoimen lähdekoodin trixbox, joka voitaisiin virtualisoida ja asentaa palvelinhuoneen jollekin jo olemassa olevalle palvelimelle virtuaalikoneena, jolloin erillistä puhelinkeskuspalvelinta ei tarvitsisi hankkia. Luokkiin ja huoneistoihin sijoitettavien PoE-virransyöttöä tukevien ja SIP-tuen omaavien IP-kaiuttimien osalta valikoima oli suppeampi, koska tällaisen teknologian laitteet ovat harvinaisempia. Kahdelta valmistajalta löytyi kuitenkin soveltuvat laitteet; Netgeniumilta kaksi erilaista kaiutinta, joissa oli integroitu- na PoE-virransyöttö ja ohjelmistot, sekä Barixilta Announcicom 200 - verkkokuulutusyksikkö. Tiedotuspisteen laitteisto voidaan toteuttaa helposti joko erillisellä SIP-tuen omaavalla IP-puhelimella tai ohjelmistopuhelimella.

#### 9.4 Työn asennus, testaus ja toteutus

Trixbox ohjelmistoon tutustuminen aloitettiin asentamalla se virtuaalikoneeksi VMware Workstation -ohjelmaan. Asennuksen jälkeen trixboxille asetettiin verkkoasetukset Linuxin komentorivin avulla ja se liitettiin osaksi 10.0.0.0/24 -verkkoa IP-osoitteella 10.0.0.2. Trixboxin rinnalle asennettiin lisäksi kolme muuta virtuaalikonetta Windows-käyttöjärjestelmillä, ja sen jälkeen kaikki neljä virtuaalikonetta liitettiin VMware Workstationilla luotuun virtuaaliseen verkkoon. Näin voitiin järjestelmän testaus suorittaa yhdellä fyysisellä koneella ilman erillisiä laitehankintoja. Kuvasta 11 näkyy asennetut virtuaalikoneet virtuaalisesti verkotettuina.



Kuva 11. Asennetut virtuaalikoneet trix-verkossa

Seuraavaksi Windows-käyttöjärjestelmien virtuaalikoneisiin asetettiin IP-osoitteet 10.0.0.0/24 verkosta ja asennettiin Zoiper 2.0 Free -ohjelmistopuhelimet, joiden tarkoituksena oli simuloida IP-pohjaisen tiedotusjärjestelmän kaiuttimia. Windows-koneiden IP-osoitteet jakautuivat seuraavasti: Windows XP Professional 10.0.0.11/24, Windows XP Pro 2 10.0.0.12/24 ja Windows 7 x64 10.0.0.21.

Seuraavaksi Windows XP Pro 2 -koneen Internet Explorer -selaimella otettiin yhteys trixboxin graafiseen käyttöliittymään osoitteessa 10.0.0.2. Graafisen käyttöliittymän ja trixboxin yleisiin ominaisuuksiin tutustumisen jälkeen siirryttiin ohjelmiston puhelinvaihteen asetuksiin (PBX-osio). Puhelinvaihteen Extensions-kohdassa luotiin SIP-

protokollaa tukevat VoIP-liittymät järjestelmän kaiuttimille sekä tiedotuspisteelle. Liittymille asetettiin puhelinnumerot, kuvaukset sekä salasanat. Kuvasta 12 näkyy tiedottajan liittymän luominen puhelinnumerolla 30, kuvauksena Tiedottaja, liittymän salasana 3030 sekä jo luodut liittymät kaiuttimille.

Server time: 19:02:22  
Admin mode [\[switch\]](#)

trixbox CE  
The Open Platform for Business Telephony

System Status Packages PBX System Settings Help  
Admin Reports Panel Recordings Help

Setup Tools  
Admin  
System Status  
Module Admin  
Basic  
Extensions  
Feature Codes  
General Settings  
Outbound Routes  
Trunks  
Administrators  
Inbound Call Control  
Inbound Routes  
Zap Channel DIDs  
Announcements  
Blacklist  
CallerID Lookup Sources  
Day/Night Control  
Follow Me  
IVR  
Queues  
Ring Groups  
Time Conditions  
Time Groups  
Internal Options & Configuration  
Conferences  
Gizmo5 Integration  
Languages  
Music on Hold  
PIN Sets  
Paging and Intercom

### Add SIP Extension

Add Extension

User Extension: 30  
Display Name: Tiedottaja  
CID Num Alias:  
SIP Alias:  
Extension Options:

Outbound CID:  
Ring Time: Default  
Call Waiting: Enable  
Call Screening: Disable  
Emergency CID:  
Assigned DID/CID:

DID Description:  
Add Inbound DID:  
Add Inbound CID:

Device Options

This device uses sip technology.

secret: 3030  
dtmfmode: rfc2833

Add Extension

kerros 1 kaiutin 1 <101>
kerros 1 kaiutin 2 <102>
kerros 2 kaiutin 1 <201>
kerros 2 kaiutin 2 <202>
kerros 2 kaiutin 3 <203>

Kuva 12. Tiedottajan liittymän luominen

Liittymien luomisen jälkeen siirryttiin puhelinvaihteen kuulutusasetuksiin Paging and Intercom -kohtaan, jossa luotiin järjestelmälle kuulutusryhmät. Kuulutusryhmälle asetettiin puhelinnumero, ryhmän kuvaus sekä valittiin ryhmään kuuluvat liittymät, joihin yhteys muodostettaisiin soittamalla ryhmän puhelinnumeroon. Kuvasta 13 näkyy kuulutusryhmän luominen puhelinnumerolla 999, joka muodostaa yhteyden kaikkiin kaiuttimiin, sekä jo luodut kuulutusryhmät.

Server time: 19:29:52  
Admin mode [switch]

System Status Packages PBX System Settings Help

Admin Reports Panel Recordings Help

Setup Tools

Admin

System Status

Module Admin

Basic

Extensions

Feature Codes

General Settings

Outbound Routes

Trunks

Administrators

Inbound Call Control

Inbound Routes

Zap Channel DIDs

Announcements

Blacklist

CallerID Lookup Sources

Day/Night Control

Follow Me

IVR

Queues

Ring Groups

Time Conditions

Time Groups

Internal Options & Configuration

Conferences

Gizmo5 Integration

Languages

Music on Hold

PIN Sets

Paging and Intercom

Parking Lot

English

Add Paging Group

100 kerros 1

200 kerros 2

Paging Extension: 999

Group Description: kaikki kaiuttimet

Device List:

102 - kerros 1 kaiutin 2

201 - kerros 2 kaiutin 1

202 - kerros 2 kaiutin 2

203 - kerros 2 kaiutin 3

Force if busy

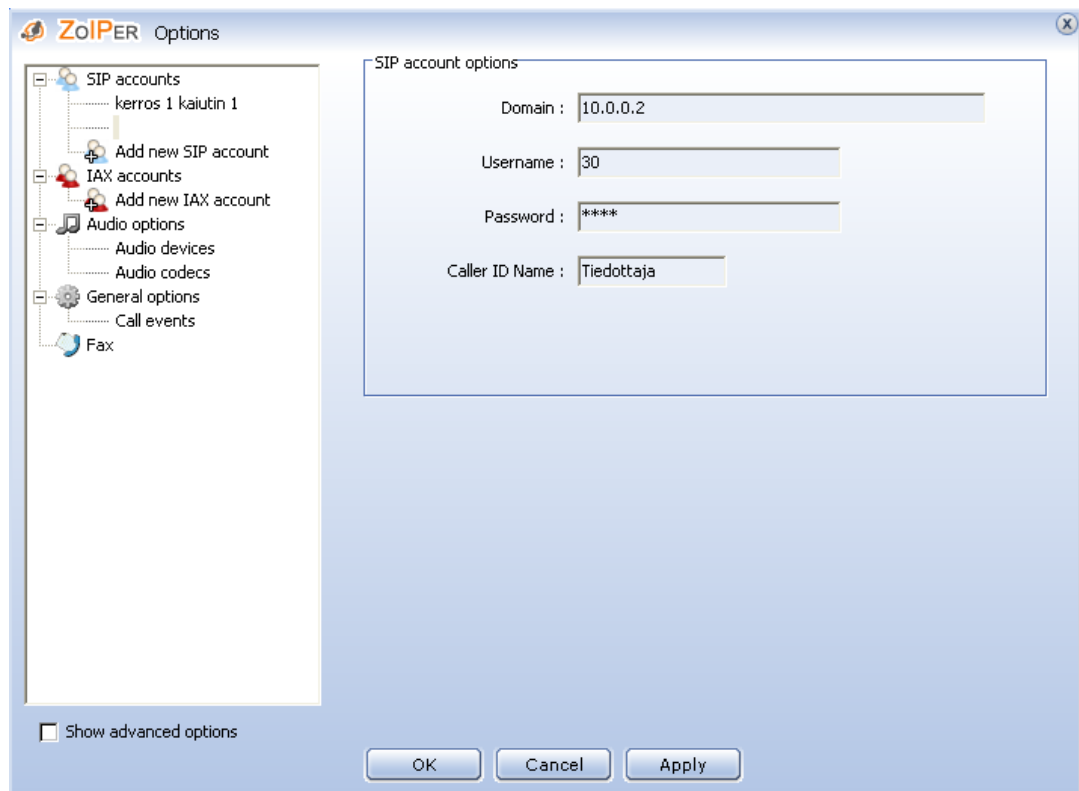
Duplex

Default Page Group

Submit Changes

Kuva 13. Kaikkien kaiuttimien kuulutusryhmän luominen

Liittymien ja kuulutusryhmien luomisen jälkeen Windows-käyttöjärjestelmien virtuaalikoneiden Zoiper 2.0 Free -ohjelmistopuhelimiin konfiguroitiin trixboxilla luodut liittymät. Koska Zoiper 2.0 Free -ohjelma tukee useita käyttäjätilejä, konfiguroitiin jokaiselle koneelle kaksi liittymää, jotka toimivat rinnakkain. Windows XP Professional -koneeseen konfiguroitiin liittymät Tiedottaja(30) ja kerroksen 1 kaiutin 1(101), Windows XP Pro 2 -koneeseen liittymät kerroksen 1 kaiutin 2(102) ja kerroksen 2 kaiutin 2 ja Windows 7 x64 -koneeseen liittymät kerroksen 2 kaiutin 1(201) ja kerroksen 2 kaiutin 3(203). Kuvasta 14 näkyy Tiedottajan liittymän konfigurointi Zoiper 2.0 Free VoIP-ohjelmistopuhelimeen sekä konfiguroitu liittymä kerroksen 1 kaiuttimelle 1.



Kuva 14. Liittymän luonti Zoiper 2.0 Free VoIP-ohjelmistopuhelimeen

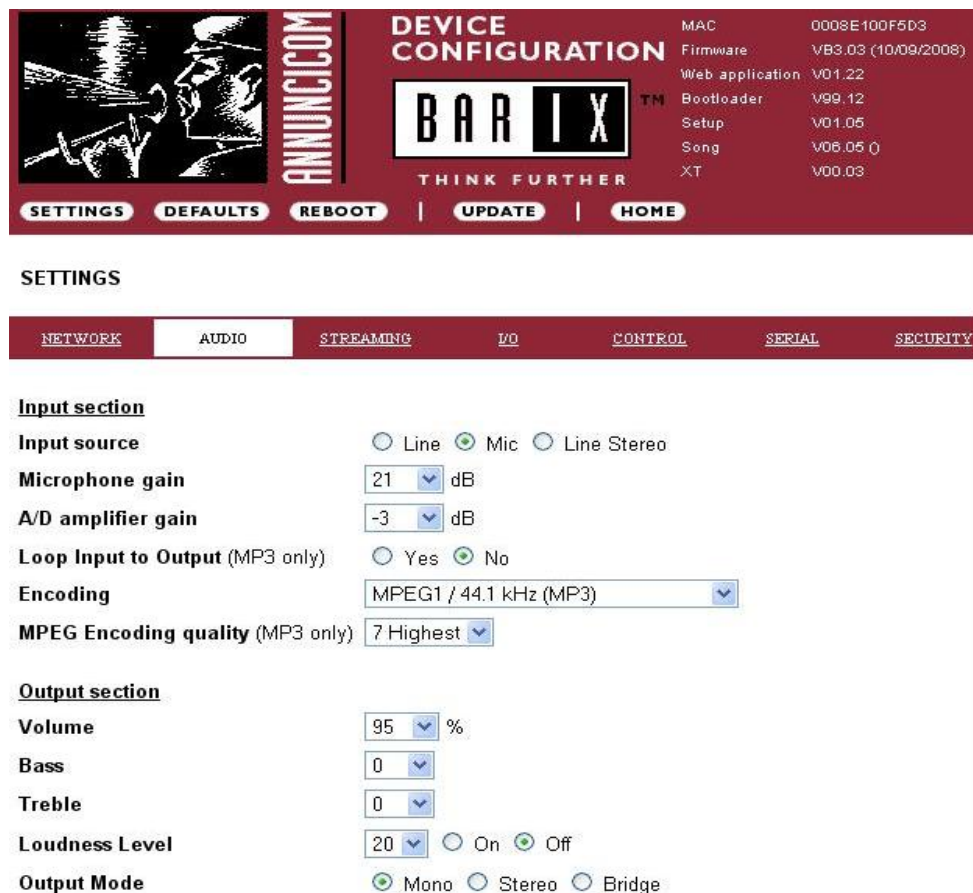
Liittymän konfiguroinnissa luotiin uusi SIP-tili, jonka toimialueeksi määritettiin trixboxin verkko-osoite, käyttäjänimeksi liittymän puhelinnumero, salasanaksi liittymän salasana ja tunnisteeksi liittymän kuvaus.

Liittymien konfiguroinnin jälkeen järjestelmä oli valmis testeihin. Järjestelmää testattiin soittamalla tiedottajan liittymästä jokaiseen liittymään erikseen sekä soittamalla jokaiseen kuulutusryhmään. Onnistuneiden testien jälkeen järjestelmä siirrettiin koulun tietoliikennelaboratorioon, johon testien aikana tilatut Barixin verkkokuulutussyksiköt olivat saapuneet.

Trixbox asennettiin uudelleen tietoliikennelaboration työasemalle virtuaalikoneeksi VMware Workstation -ohjelmaan IP-osoitteella 10.0.0.2 sekä liitettiin se 24-porttiseen Cisco Catalyst 3560 PoE -kytkimeen. Catalyst 3560 PoE -kytkimeen liitettiin lisäksi kolme tietoliikennelaboration työasemaa ja asennettiin niihin Zoiper 2.0 Free VoIP-ohjelmistopuhelimet. Työasemille määriteltiin IP-osoitteet 10.0.0.11/24, 10.0.0.12/24 ja 10.0.0.21/24. Tämän jälkeen luotiin trixboxilla uudelleen edellä mainitut liittymät ja kuulutusryhmät.

Seuraava työn kohde oli Barixin Announcicom 200 -verkkokuulutusyksiköt, joihin oli ehditty tutustua jo testien aikana. Verkkokuulutusyksiköiden ulkoiseen kaiutinliitäntään kytkettiin kaiuttimet ja liitettiin verkkokuulutusyksiköt Ciscon Catalyst 3560 PoE -kytkimeen. Verkkokuulutusyksiköt saivat käyttösähkönsä kytkimestä ja käynnistyesään ilmoittivat kaiuttimista SonicIP-toiminnon avulla IP-osoitteensa, jonka ne ottivat käyttöön 10.0.0.0/24 -verkosta AutoIP-toiminnon avulla. Verkkokuulutusyksiköt konfiguroitiin laitteen sisäisen verkkopalvelimen avulla, joka oli tavoitettavissa laitteen ilmoittamasta IP-osoitteesta. Yhteys laitteeseen otettiin samassa verkossa sijaitsevan työaseman verkkoselaimella.

Verkkokuulutusyksiköt sisälsivät ohjelmiston, joka oli suunniteltu toimimaan Barix-tuoteryhmän laitteiden kanssa. Ohjelmistosta puuttuivat kuitenkin tiedotusjärjestelmän edellyttämät SIP-asetukset, joiden käyttöön saamiseksi laitteiden ohjelmisto päivitettiin. Ennen laitteiden päivitystä ohjelmistojen ääniasetuksien esiasetettu äänitaso nostettiin 50 %:sta 95 %:iin parhaimman äänentoiston saavuttamiseksi. Kuvasta 15 näkyy ohjelmiston ääniasetuksien säädöt.



**DEVICE CONFIGURATION**

**BARIX**™

THINK FURTHER

MAC: 0008E100F5D3  
Firmware: VB3.03 (10/09/2008)  
Web application: V01.22  
Bootloader: V99.12  
Setup: V01.05  
Song: V06.05 Q  
XT: V00.03

**SETTINGS** | **DEFAULTS** | **REBOOT** | **UPDATE** | **HOME**

**SETTINGS**

**NETWORK** | **AUDIO** | **STREAMING** | **I/O** | **CONTROL** | **SERIAL** | **SECURITY**

**Input section**

**Input source** ☐ Line ☒ Mic ☐ Line Stereo

**Microphone gain** 21 dB

**A/D amplifier gain** -3 dB

**Loop Input to Output (MP3 only)** ☐ Yes ☒ No

**Encoding** MPEG1 / 44.1 kHz (MP3)

**MPEG Encoding quality (MP3 only)** 7 Highest

**Output section**

**Volume** 95 %

**Bass** 0

**Treble** 0

**Loudness Level** 20 ☐ On ☒ Off

**Output Mode** ☒ Mono ☐ Stereo ☐ Bridge

Kuva 15. Barixin konfigurointiohjelmisto



Laitteiden uudet SIP-ohjelmistot ladattiin Barixin verkkosivuilta osoitteesta [http://www.barix.com/downloads/ABCL\\_Applications/1911/](http://www.barix.com/downloads/ABCL_Applications/1911/). Laitteet päivitettiin verkkoselaimen avulla ja käynnistettiin uudelleen ohjelmistojen käyttöönottoa varten. Laitteet menettivät päivityksen johdosta IP-osoitteensa, mutta määrittivät ne uudelleen AutoIP-toiminnon avulla. Päivityksen jälkeen laitteisiin otettiin uudelleen yhteys ja määriteltiin niille halutut verkkoasetukset. Kuvasta 16 näkyy verkkokuulutusyksikön verkkoasetuksien määrittely.

The screenshot shows the Barix web interface. At the top, there is a header with the Barix logo and system information: MAC (00:08:E1:00:F5:D3), Setup (V01.01), Song (V07.01 (Jun 1 2009)), Firmware (VB0.22 (06/04/2009)), File system (V01.17), Web application (V01.11), Application (sip), Bootloader (V99.12), and Application version (v0.16 04.06.2009). Below the header is a navigation bar with tabs: SETTINGS, APPLICATION, DEFAULTS, REBOOT, UPDATE, and ETHERSOUND. The main content area is titled 'APPLICATION' and shows 'SIP Client (sip)' selected in a dropdown menu. Below this is the 'NETWORK SETTINGS' section, which includes fields for IP Address (10.0.0.23), Netmask (255.255.255.0), Gateway IP Address (10.0.0.1), Primary DNS (0.0.0.0), Alternative DNS (0.0.0.0), Syslog Address (0.0.0.0), DHCP Host Name, Web Server Port (80), and Default Ethernet Port (ETH1).

Kuva 16. Barix-verkkoasetukset

Laitteille määriteltiin IP-osoitteiksi 10.0.0.22/24 ja 10.0.0.23/24, ja sen jälkeen siirryttiin ohjelmiston SIP-asetuksiin. SIP-asetuksissa laitteet määriteltiin automaattivastaus-tilaan (direct) sekä määriteltiin niille reitti trixboxin puhelinkeskukseen. Laitteille määriteltiin myös aiemmin luodut SIP-tilit siten, että 10.0.0.22-osoitteen laite sai puhelinnumeroksi 202 salasanalla 202202 ja 10.0.0.23 taas vastaavasti numeroksi 203 salasanalla 203203. Näin laitteet saatiin toimimaan osana VoIP-tekniikkaan perustuvaa tiedotusjärjestelmää. Kuvassa 17 on esitetty verkkokuulutusyksikön SIP-asetuksien määrittely.

<b>BARIX</b>		MAC	00:08:E1:00:F5:D3	Setup	V01.01
		Firmware	V80.22 (06/04/2009)	Song	V07.01 (Jun 1 2009)
		Web application	V01.11	File system	V01.17
		Bootloader	V99.12	Application	sip
				Application version	v0.16 04.06.2009

<b>SETTINGS</b>	<b>APPLICATION</b>	<b>DEFAULTS</b>	<b>REBOOT</b>	<b>UPDATE</b>	<b>ETHERSOUND</b>
-----------------	--------------------	-----------------	---------------	---------------	-------------------

<b>SIP</b>	
Peer to Peer	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
SIP Port	<input type="text" value="0"/>
RTP Port	<input type="text" value="0"/>
Username	<input type="text" value="203"/>
Password	<input type="password" value="••••••"/>
Call on level	<input type="text"/>
Call on input 0	<input type="text"/>
Call on input 1	<input type="text"/>
Call on input 2	<input type="text"/>
Call on input 3	<input type="text"/>
Call on input 4	<input type="text"/>
Call on input 5	<input type="text"/>
Call on input 6	<input type="text"/>
Call on input 7	<input type="text"/>
PBX or Remote Peer (IP or hostname)	<input type="text" value="10.0.0.2"/>
Send NAT-Keepalives	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Debug mode	<input checked="" type="radio"/> Off <input type="radio"/> On

<b>Mode</b>	
Phone pickup mode	<input type="text" value="direct"/>
Pick/hang up after	<input type="text" value="20"/> seconds
Call on Level	<input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> Yes
Call on Level Threshold	<input type="text" value="1000"/>

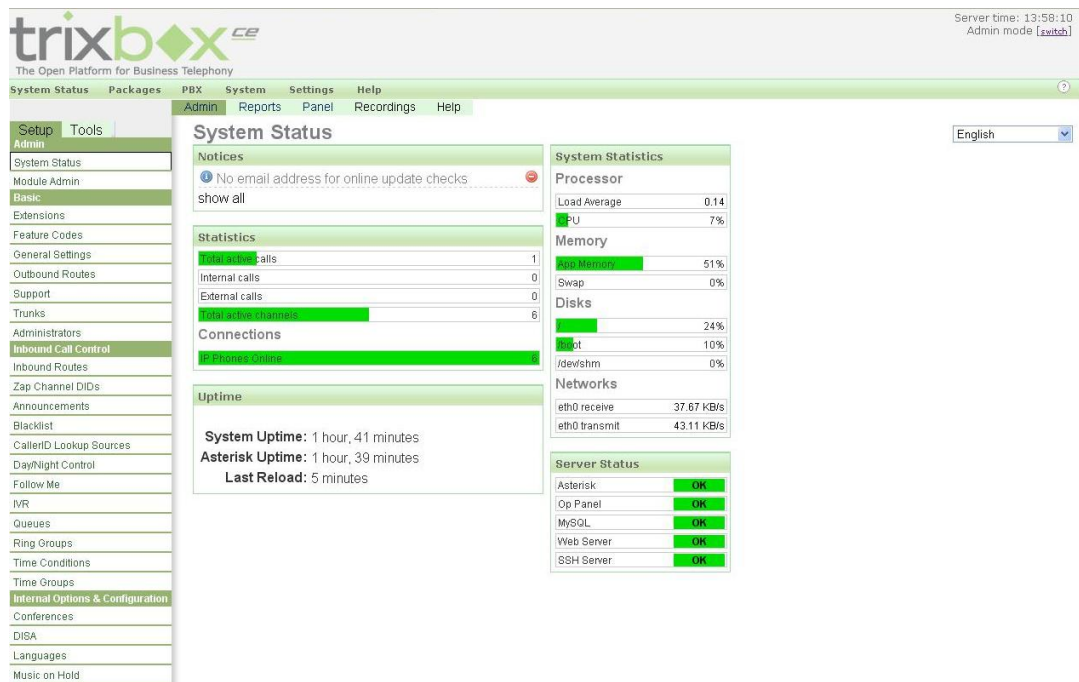
Kuva 17. Barix SIP-asetukset

Laitteiden konfiguroinnin jälkeen verkkoon kytkettyjen työasemien Zoiper 2.0 Free -ohjelmistopuhelimiin konfiguroitiin aiemmin luodut liittymät seuraavasti: liittymä 101 koneeseen osoitteessa 10.0.0.11, liittymä 102 koneeseen osoitteessa 10.0.0.12 ja liittymä 201 koneeseen osoitteessa 10.0.0.21. Verkkoon kytkettiin lisäksi tiedotuspisteenä toimiva mikrofoni varustettu kannettava tietokone osoitteella 10.0.0.3/24. Tietokoneeseen oli asennettu valmiiksi Zoiper 2.0 Free VoIP-ohjelmistopuhelin, joka konfiguroitiin tiedottajan liittymän puhelinnumerolla 30 ja salasanalla 3030. Lisäksi ohjelmistopuhelimen puhelinluetteloon lisättiin järjestelmän kaiuttimien ja kuulutusryhmien tiedot. Järjestelmä oli tämän jälkeen kokonaisuudessaan toimintavalmis ja varsinainen testaus aloitettiin. Järjestelmän kytkennät on esitetty liitteessä 1. Liitteessä 2 esitetään suunnitelma järjestelmän laitteiden sijoittumisesta ammattikorkeakoulun tiloihin.

Testit suoritettiin kannettavan tietokoneen tiedottajan liittymästä. Ensin soitettiin erikseen kaikkiin liittymiin SIP-puhelut, minkä jälkeen soitettiin jokainen kuulusryhmä läpi. Testeissä Barixin verkkokuulusyksiköissä testattiin kolmea erilaista kaiutinta: autostereoiden, kotistereoiden ja RFC PL60 -kuulusjärjestelmän kaiutinta. Kuvasta 18 näkyy Zoiperilla soitettava kaikki kaiuttimet tavoittava puhelu sekä ohjelman puhelinluettelo. Järjestelmän testien aikana seurattiin myös trixboxin järjestelmän tilastoja, joista näki trixboxin käyttämät laitteistoresurssit, palvelimen tilan, rekisteröityneet IP-puhelimet sekä aktiivisten puhelujen tilat. Kuvasta 19 näkyy meneillään oleva kaikkien kaiuttimien kuulus. Kuulus ilmenee yhtenä aktiivisena puheluna, jossa kaikki liittymät ovat osallisena.

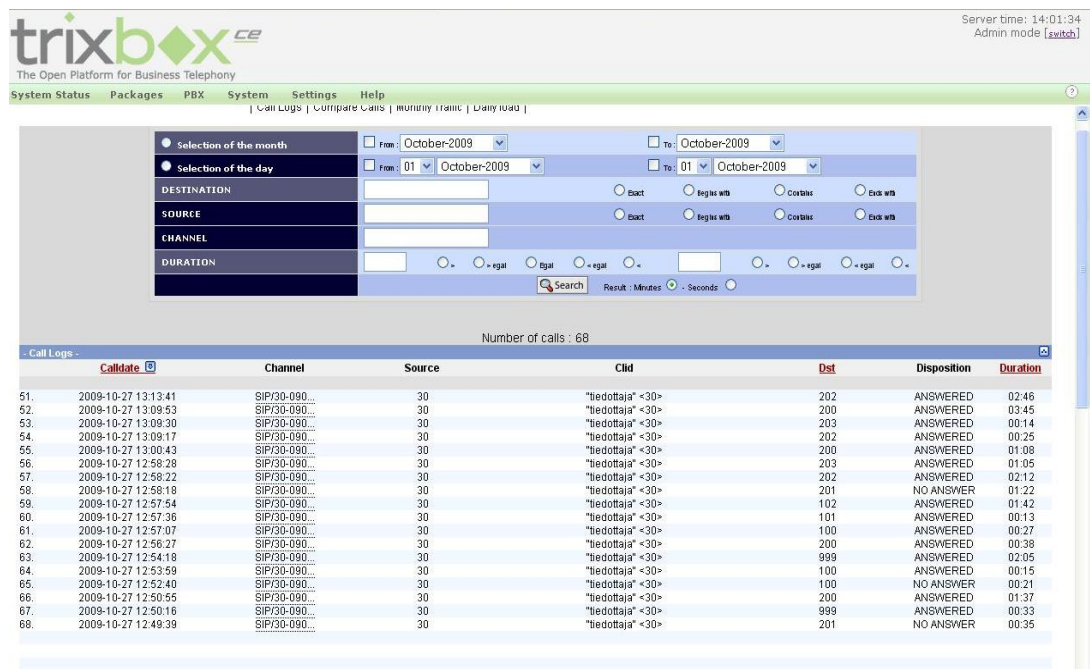


Kuva 18. Zoiperilla puhelinluettelosta soitettu puhelu



Kuva 19. trixboxin järjestelmän seuranta

Trixbox sisälsi myös puheluiden seurantaan tarkoitettua lokin, jota hyödynnettiin puheluiden tutkimuksessa sekä lokin järjestelmän kuormituksen tutkimusta varten. Kuvassa 20 on järjestelmän testauksien tietoja trixboxin soittolokissa.



Kuva 20. trixboxin soittoloki

Tiedotusjärjestelmä toimi hyvin ja kaikki testit olivat onnistuneita, eikä järjestelmä aiheuttanut juurikaan kuormaa trixboxille. Tiedotusjärjestelmään suunnitellut laitteet eli Barixin Announcicom 200 -verkkokuulutusyksiköt toimivat automaattivastauksen osalta odotetusti, ja niiden avulla voitaisiin toteuttaa varsinainen järjestelmä.

## 9.5 Työssä esiintyneet ongelmat

Onnistuneesta lopputuloksesta huolimatta työ ei sujunut täysin ongelmitta. Ensimmäisiin suurempiin ongelmiin törmättiin kuulusryhmien testien aikana. Kuulusryhmät yritettiin toteuttaa aluksi ryhmäpuheluina, mutta testien aikana huomattiin trixboxin puutteellinen ryhmäpuheluiden tuki. Soitettu puhelu hälytti kaikissa liittymissä, mutta ensimmäisen liittymän vastattua puheluun se katkesi muilta. Tähän ongelmaan kuitenkin löytyi ratkaisu trixboxin kuulusominaisuuksista.

Toinen ongelma tuli vastaan Netgeniumin IP-kaiuttimien maahantuojaan kanssa. Yritys ei pystynyt toimittamaan kaiuttimia sovituissa aikataulussa, joten näitä kaiuttimia ei pystytty sisällyttämään tähän työhön.

Kolmas ongelma ilmeni kaiuttimien äänenvoimakkuudessa. Huolimatta äänenvoimakkuuden säädöstä lähelle maksimia, jäi laitteista lähtevä ääni kovin vaimeaksi. Ongelma ratkesi kuitenkin yksinkertaisesti kaiuttimien koteloinnilla. Koteloimaton kaiutin aiheutti liikkuvan kaiutinelementin etu- ja takapuolelle ilmanpaine-eroja, jotka kumosivat toisiaan. Koteloimaton kaiutin säteili myös ääntä ympäriinsä suurella avaruuskulmalla. Kaiuttimien koteloinnilla ilmanpaineen vaihtelut saatiin eristettyä toisistaan ja ääni saatiin suunnattua kokonaisuudessaan haluttuun suuntaan. Äänen suuntaavuudella saavutettiin lisäksi vahvistusta, koska sama äänienergia säteili pienempään avaruuskulmaan. Koteloimalla kaiuttimet saavutettiin äänenvoimakkuus, joka on riittävä tiedotusjärjestelmälle.

## 9.6 Järjestelmän kehittäminen

Järjestelmää olisi suotavaa tutkia vielä lisää toisilla IP-kaiutinlaitteistoilla sekä kehittää sen toimintaa edelleen. Järjestelmän tiedotuspisteen liikkuvuutta voitaisiin parantaa esimerkiksi asentamalla Zoiper-VoIP ohjelmistopuhelin USB-muistikulle asetukseen, jolloin järjestelmän tiedotuksia voitaisiin välittää mistä tahansa lähiverkon koneelta, eikä vain yhdestä paikasta. Lisäksi järjestelmään kannattaisi ohjelmoida erilli-

nen tiedotusohjelmisto, joka olisi kehitetty juuri järjestelmää varten. Ohjelmiston ominaisuuksiin kannattaisi sisällyttää tuki ajastetuille tiedotuksille, jolloin järjestelmä toimisi itsenäisesti, sekä parantaa käyttöliittymän soitto-ominaisuuksia. Järjestelmän äänenvoimakkuutta tulisi parantaa suurien tilojen ja pitkien käytävien osalta, jolloin kaiuttimia tarvittaisiin vähemmän. Tämä voitaisiin toteuttaa esimerkiksi torvikaiuttimien avulla, jotka tarjoavat äänen tarkempaa suuntausta ja suurempaa akustista vahvistusta. Järjestelmän toimintaa kannattaisi myös testata VoIP-puhelimilla ja selvittää niiden yhteensopivuutta osana järjestelmää. VoIP-puhelimilla voitaisiin korvata osa kaiuttimista, esimerkiksi toimistoissa, sekä käyttää VoIP-puhelinta tiedotuspisteessä varsinaisten tiedotuksien antamiseen ohjelmistopuhelimen lisäksi.

## 10 ARVIOINTIA

Työ oli mielestäni mielenkiintoinen ja lopputulos erittäin onnistunut. Työn teki mielenkiintoiseksi sen haasteellisuus ja sen tarjoama vaihtoehtoinen toteutus perinteisen kuulutusjärjestelmän sijaan. Haasteellisuutta ja mielenkiintoa lisäsi se, että järjestelmän sai itse suunnitella, koska vastaavia toteutuksia ei ole tehty. Oman osansa haasteellisuudesta aiheutti markkinoilla olevien järjestelmään sopivien laitteiden vähäinen määrä ja heikko saatavuus.

Opinnäytetyöstäni opin paljon uusia asioita ja uskon työstä olevan myös paljon hyötyä Kymenlaakson ammattikorkeakoululle, sekä kaikille työhön tutustuville. Työn ansios-  
ta opin enemmän VoIP-tekniikan tarjoamista mahdollisuuksista, sekä opin hyödyntämään virtuaalista työympäristöä entistä tehokkaammin.

Uskon tämän opinnäytetyn hyödyttävän minua myös työelämässä ja toivoisinkin jonakin päivänä voivani toteuttaa vastaavanlaisia järjestelmiä kokonaisuudessaan sekä kehittää niiden ominaisuuksia erilaisien käyttötarkoitusten mukaan.

## LÄHTEET

- 1 Haaranen, H. & Holm, J. & Joenpolvi, M. & Kuusisto, P. & Leskinen, M. & Läh-  
teenmäki, U. & Paukku, P. & Ristilä, J. 2004. Äänentoistojärjestelmät. Espoo: Säh-  
köinfo
- 2 Information Sciences Institute. 1981. Internet Protocol. Saatavissa:  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt> [Viitattu 28.7.2009]
- 3 Davidson, J. & Peters, J. 2002. Voice over IP. Helsinki: Edita
- 4 Deering S. & Hinden R. 1998. Internet Protocol, version 6. Saatavissa:  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt> [Viitattu 2.8.2009]
- 5 Kaario, K. 2002. TCP/IP-verkot. Jyväskylä: Docendo
- 6 Karila, A. 2005. Internet-puhelut (VoIP). Saatavissa:  
[http://www.lvm.fi/fileserver/Julkaisuja%2016\\_2005.pdf](http://www.lvm.fi/fileserver/Julkaisuja%2016_2005.pdf) [Viitattu 1.11.2009]
- 7 Rosenberg, J. & Schulzrinne, H & Camarillo, G. & Johnston, A. & Peterson, J. &  
Sparks, R. & Handley, M. & Schooler, E. 2002. SIP: Session Initiation Protocol. Saa-  
tavissa: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3261.txt> [Viitattu 15.8.2009]
- 8 Kärnä, M. 2004. Ethernetistä sähköä. Prosessori-lehden artikkeli 3/2004
- 9 Feldman, D. & Oliva, V. 2008. Power Over Ethernet Plus. Saatavissa:  
[http://www.ethernetalliance.org/files/static\\_page\\_files/83ABC721-C299-B906-  
883459A5D918BE54/103\\_poe%20final.pdf](http://www.ethernetalliance.org/files/static_page_files/83ABC721-C299-B906-883459A5D918BE54/103_poe%20final.pdf) [Viitattu 15.9.2009]
- 10 Rantala, P. 2002. Huoleton UPS turvaa toiminnan. MikroPC-lehden artikkeli  
7/2002
- 11 Engdahl, T. Virtualisointi. Saatavissa:  
<http://www.prosessori.fi/linkit/default2.asp?id=4691#VIRTUALISOINTI> [Viitattu  
10.10.2009]
- 12 Hämäläinen, P. 2009. Kaikki virtualisoinnista. Tietokone-lehden artikkeli 3/2009

13 VMwaren verkkosivut. 2009. Saatavissa: <http://www.vmware.com> [Viitattu 15.9.2009]

14 VoIP tietosivusto. 2006. Saatavissa: <http://www.voip-info.org/wiki/view/trixbox> [Viitattu 17.10.2009]

15 trixboxin verkkosivut. 2009. Saatavissa: <http://www.trixbox.com> [Viitattu 20.10.2009]

16 Zoiper-ohjelmiston verkkosivut. 2009. Saatavissa: <http://www.zoiper.com> [Viitattu 21.10.2009]

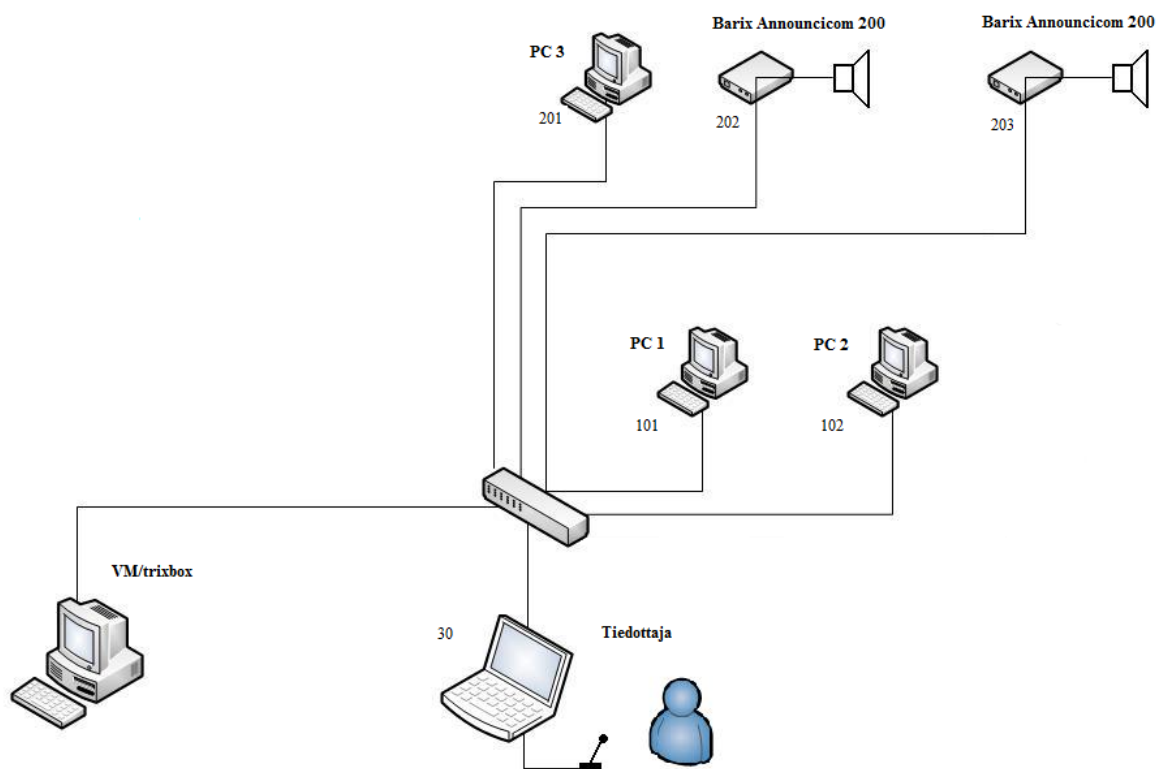
17 Barix Announcicom 200 -esite. 2008. Saatavissa:  
[http://www.barix.com/downloads/file/Announcicom\\_200\\_Product\\_Sheet\\_V20\\_PDF/7151/31](http://www.barix.com/downloads/file/Announcicom_200_Product_Sheet_V20_PDF/7151/31) [Viitattu 21.10.2009]

18 Ciscon verkkosivut. 2009. Saatavissa: <http://www.cisco.com> [Viitattu 22.10.2009]

19 Netgenium IP -kaiuttimien esite. 2008. Saatavissa:  
<http://www.netgenium.co.uk/documents/NEW%20IP%20SPEAKERS.pdf> [Viitattu 1.11.2009]



## JÄRJESTELMÄN KYTKENTÄ



Taulukko kytkennän osoitteistuksesta

Laite	IP-osoite	Liittymä
VM/trixbox	10.0.0.2/24	
Tiedottaja	10.0.0.3/24	30
PC 1	10.0.0.11/24	101
PC 2	10.0.0.12/24	102
PC 3	10.0.0.21/24	201
Barix 1	10.0.0.22/24	202
Barix 2	10.0.0.23/24	203

# TIEDOTUSJÄRJESTELMÄN LAITTEIDEN SIJOITTUMINEN

